

Biologische Bodenentseuchung für eine umweltgerechte und intensive Gehölzproduktion

Biological soil disinfection for the sustainable and intensive production of woody plants

FKZ: 11NA064, 11NA065

Projektkoordinator:

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein

Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg

Tel.: +49 4120 7068-151

Fax: +49 4120 7068-161

E-Mail: awrede@lksh.de

Internet: www.lksh.de

Autoren:

Wrede, Andreas; Nitt, Heike; Winkelmann, Traud; Yim, Bunlong; Hanschen, Franziska S.; Schreiner, Monika; Smalla, Kornelia

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft können sich noch Änderungen ergeben.

Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Biologische Bodenentseuchung für eine umweltgerechte und intensive Gehölzproduktion

FKZ:	2811NA064
Zuwendungsempfänger:	Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg
Ausführende Stelle:	Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein Abteilung Gartenbau Thiensen 16, 25373 Ellerhoop
Zahlungsempfänger:	Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein Grüner Kamp 15-17, 2476 Rendsburg
Projektleiter:	<ul style="list-style-type: none">- In Phase I: Heike Nitt Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein Abteilung Pflanzenbau, Pflanzenschutz, Umwelt Thiensen 22, 25373 Ellerhoop- In der Verlängerung: Dr. Andreas Wrede Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein Abteilung Gartenbau Thiensen 16, 25373 Ellerhoop
Berichtszeitraum/Laufzeit:	09.05.2012 - 31.08.2018
Verfasser:	Dr. Andreas Wrede
Kooperierendes Projekt:	<i>Auswirkungen der Biofumigation auf mikrobielle Gemeinschaften in der Rhizosphäre</i> , FKZ 2811NA065, Prof. Dr. Traud Winkelmann, LU Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Gehölz- und Vermehrungsphysiologie
Sonstige Kooperationspartner:	<ul style="list-style-type: none">- Prof. Dr. Kornelia Smalla, JKI Braunschweig- Prof. Dr. Monika Schreiner und Dr. Franziska S. Hanschen, Leibniz-Institut für Gemüse und Zierpflanzenbau, Großbeeren

Zusammenfassung

Biologische Bodenentseuchung für eine umweltgerechte und intensive Gehölzproduktion

Andreas Wrede*, Heike Nitt**, Traud Winkelmann ***, Bunlong Yim***, Franziska S. Hanschen ****
Monika Schreiner****, Kornelia Smalla *****

* Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abt. Gartenbau, Thiensen 16, 25373 Ellerhoop, awrede@lksh.de

** Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abt. Abteilung Pflanzenbau, Pflanzenschutz, Umwelt

*** Leibniz Universität Hannover

**** Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren

***** JKI Braunschweig

Der wiederholte Nachbau von Gehölzen der Familie der *Rosaceae* führt zu einer Nachbaukrankheit, die als Bodenmüdigkeit beschrieben wird. Eine wirksame Bekämpfung der Bodenmüdigkeit war die chemische Desinfektion mit Basamid® Granulat, basierend auf der Freisetzung eines Isothiocyanates (ITC). Die Zulassung von Basamid® Granulat ist in Deutschland abgelaufen. Eine Alternative könnte die Biofumigation darstellen. Bei der Biofumigation werden Glucosinolat(GS)-haltige Pflanzenteile von Vertretern der *Brassicaceae* in den Boden eingearbeitet. Die toxischen GS-Abbauprodukte, vor allem ITC, führen zu einer biologischen Bodendesinfektion. In dem berichteten Projekt wurde die Wirkung der ein- und zweijährigen Biofumigation von *Brassica juncea* und *Raphanus sativus* mit dem Anbau von *Tagetes patula* NEMAMIX, der Anwendung von Basamid® Granulat und des fortgesetzten Nachbaus der Indikatorpflanzen *Malus sylvestris* 'Bittenfelder', *Malus M4* bzw. M106 und *Rosa corymbifera* 'Laxa' verglichen. Das beste Wachstum der Indikatorpflanzen erbrachte ein vorausgegangener, zweijähriger Anbau von *Tagetes patula* NEMAMIX. Die praxisübliche Anwendung von Basamid® Granulat zeigte wenig Wirkung. Vermutlich war der Boden zum Anwendungstermin zu trocken. Eine geringe Wirkung erbrachte auch die ein- oder auch zweijährige Biofumigation mit *Brassica juncea* und *Raphanus sativus*. Auch die im Rahmen der Projektverlängerung zusätzlich geprüfte Einarbeitung von *Brassica juncea*-Samenmehl, die Verwendung der speziellen Saatgutmischung viterra®BIOFUMIGATION zur klassischen Biofumigation sowie die Dämpfung des Bodens mit Hilfe des CombiMIXERs an zwei nachbaukranken Baumschulstandorten brachten nicht die erhofften positive Effekte auf das Pflanzenwachstum der Indikatorpflanzen. Wieder war die einjährige Kultur von *Tagetes* die erfolgreichste Var. im Vergleich zum unbehandelten nachbaukranken Boden. Es konnten nur wenig positive Effekte auf das Wachstum der Indikatorpflanzen statistisch gesichert werden. Selbst in den Fällen, in denen signifikante Unterschiede auftraten, reichten diese Effekte aus Sicht der Praxis bei weitem nicht aus, um die durch Minderwuchs entstehenden Ertragsverluste auszugleichen. Mögliche Gründe für die schlechte Wirkung der geprüften Varianten werden diskutiert.

Summary

Biological soil disinfection for the sustainable and intensive production of woody plants

Andreas Wrede*, Heike Nitt**, Traud Winkelmann ***, Bunlong Yim***, Franziska S. Hanschen ****
Monika Schreiner****, Kornelia Smalla *****

* Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abt. Gartenbau, Thiensen 16, 25373 Ellerhoop, awrede@lksh.de

** Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abt. Abteilung Pflanzenbau, Pflanzenschutz, Umwelt

*** Leibniz Universität Hannover

**** Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren

***** JKI Braunschweig

The repeated replanting of trees of the family of *Rosaceae* leads to a replant disease. An effective tool to fight this replant disease was chemical disinfection with BASAMID® Granulat, based on the release of isothiocyanates (ITC). However, the approval of BASAMID® Granulate has expired in Germany. An alternative is granted to the biofumigation. During Biofumigation, glucosinolate (GS)-containing plant parts from the family *Brassicaceae* are incorporated into the soil. The toxic GS degradation products, particularly ITC, lead to a biological soil disinfection. The project reported the effect of the one-and two-year Biofumigation of *Brassica juncea* and *Raphanus sativus* and compared it with the cultivation of *Tagetes patula* NEMAMIX, the application of BASAMID® Granulat and the continued replanting of the indicator plants *Malus sylvestris* 'Bittenfelder', *Malus* M4 or M106 and *Rosa corymbifera* 'Laxa'. The best growth of the indicator plants resulted from a previous two-year cultivation of *Tagetes patula* NEMAMIX. The practice of using Basamid® Granulat showed little effect. Probably the soil was too dry at application date. The one-or two-year Biofumigation with *Brassica juncea* and *Raphanus sativus* also provided only weak effects. Also, the further examination of *Brassica juncea*-seed meal, the use of the special seed mixture viterra®BIOFUMIGATION for the classical biofumigation as well as the damping of the soil with the help of the CombiMIXERS at two sites with replanting problems did not lead to the expected positive effects of growth of the indicator plants. Again, the one-year cultivation of *Tagetes* was the most successful treatment compared to the untreated replant disease soil. Only a few positive effects of the different treatments on the growth of indicator plants were significant. Even in cases where significant differences occurred, in practice these effects were too weak to compensate the loss of income caused by the growth depression. Possible reasons for the low effects of the tested treatments are discussed.

Inhalt

Zusammenfassung	ii
Summary	iii
I. Abkürzungsverzeichnis	v
II. Abbildungsverzeichnis	v
III. Tabellenverzeichnis	vii
IV. Abschlussbericht (Hauptteil)	1
1. Einführung	1
1.1. Gegenstand des Vorhabens	1
1.2. Ziele und Aufgabenstellungen des Projektes	2
Gesamtziel des Projektes	2
Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN	2
1.3. Planung und Ablauf des Projektes	2
Erste Projektphase (09.05.2012 bis 31.08.2015)	2
Zweite Projektphase (01.01.2016 bis 31.12.2018, kostenneutral verlängert bis 31.08.2018)	3
2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	3
2.1. Zum Zeitpunkt der Planung der ersten Projektphase (09.05.2012 bis 31.08.2015)	3
2.2. Zum Zeitpunkt der Planung der zweiten Projektphase (01.01.2016 bis 31.08.2018)	5
3. Material und Methoden	5
3.1. In der ersten Projektphase (09.05.2012 bis 31.08.2015)	6
3.2. In der zweiten Projektphase (01.01.2016 bis 31.08.2018)	12
3.3. Beprobung des Bodens für die Untersuchung auf den Besatz mit phytopathogenen Nematoden und den Gehalt an verfügbaren Nährstoffen	18
3.4. Pflege- und Pflanzenschutzmaßnahmen der Versuchsflächen im Kulturverlauf	19
3.5. Erfassung der Wachstumsparameter der Indikatorpflanzen am Ende der Jahre 2014 (= Ende der ersten Projektphase und 2017 (= Ende der zweiten Projektphase))	19
4. Ergebnisse	19
4.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse in der ersten Projektphase (09.05.2012 bis 31.08.2015) und Diskussion	19
4.2. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse in der zweiten Projektphase (01.01.2016 bis 31.08.2018) und Diskussion	26
4.3. Ergebnisse der Nematoden Untersuchungen	31
5. Voraussichtlicher Nutzen und mögliche Verwertbarkeit der Ergebnisse	31
6. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	32
7. Literaturverzeichnis:	32
8. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten	33
8. 1. Publikationen mit Peer-review-Verfahren	33

8. 2. Publikationen ohne Peer-review-Verfahren	33
8.3. Vorträge	34
8.4. Poster	35
8.5. Feldführungen mit Praktikern:	35

I. Abkürzungsverzeichnis:

GS = Glucosinolate
ITC = Isothiocyanat
Var. = Variante

II. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Darstellung der sieben Versuchsvarianten, die im Rahmen der ersten Projektphase im Zeitraum Mai 2012 bis Ende 2014 miteinander verglichen wurden

Abb. 2: Parzellenplan der Feldversuche in drei Baumschulen, die im Rahmen der ersten Projektphase 2012 bis Ende 2014 angelegt wurden

Abb. 3: Blick auf das Versuchsfeld in der Baumschule K, am 06.08.2013, rund 2 Wochen vor dem Termin der 2. Biofumigation. Der Sareptasenf befindet sich bereits in Blüte, der blau blühende Ölrettich hat gerade mit der Blüte begonnen

Abb. 4: Ölrettich 'Defender' in der Baumschule A in Blüte (14.08.2013). Rund eine Woche später wurde die zweite Biofumigation durchgeführt, da zum Zeitpunkt der Blüte die Glucosinolatgehalt in der Pflanze am höchsten sind

Abb. 5: Schlegelmulcher beim Mulchen von Sareptasenf im Rahmen einer Biofumigation

Abb. 6: Nachdem die Pflanzenmasse mit dem Mulcher zerschlagen wurde, wird sie ca. 15 cm in den Boden eingearbeitet (Fräse) und die Bodenporen werden danach durch den Einsatz einer Walze (hier Rasenbaumaschine), in Kombination mit einer Beregnung der Parzellen (10 mm), verschlossen, damit das flüchtige Isothiocyanat (ITC) im Boden verbleibt

Abb. 7: Parzellen mit blühender *Tagetes patula* NEMAMIX am 23.07.2012 in der Baumschule K. Im Unterschied zur Biofumigation, die nur nach dem Einarbeiten der Pflanzenmasse kurzzeitig eine desinfizierende Wirkung auf den Boden hat, übt der Anbau von *Tagetes* bereits während des Wachstums der Pflanzen seine nematizide Wirkung aus

Abb. 8: Die Aussaat der Indikatorpflanzen *Rosa corymbifera* 'Laxa' und *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' auf allen Parzellen der Varianten 1-7 ist auf der Versuchsfläche in der Baumschule Klei abgeschlossen (01.04.2014). Es fehlen noch *Malus* M4 oder M106, die noch gepflanzt werden müssen

Abb. 9: Versuchsfläche in der Baumschule Klei Anfang Mai 2014. Die *Malus* M106 sind gepflanzt, die Saaten erfolgreich gekeimt

Abb. 10: Die Indikatorpflanzen werden auf der Versuchsfläche in der Baumschule M (Ellerhoop) am 19.02.2015 gerodet

Abb. 11: Darstellung der Versuchsvarianten, die im Rahmen der Projektverlängerung miteinander verglichen wurden

Abb. 12: Schematische Darstellung des Aufbaus der beiden Versuchsflächen in randomisierter Blockanlage im Jahr 2016. Die tabellarische Auflistung rechts gibt die Erklärung dazu, welche Behandlungsvarianten auf welchen Parzellen durchgeführt wurden

Abb. 13: CombiMIXER hinter Zugfahrzeug (rechts) und Wasserversorgungsfahrzeug (links) beim Einsatz in der Baumschule C, Holm am 23.09.2016

Abb. 14: CombiMIXER hinter Zugfahrzeug (rechts) und Wasserversorgungsfahrzeug (links) beim Einsatz in der Baumschule K, Heidgraben am 23.09.2016. Im Frontanbau des Versorgungsfahrzeugs ist die Zapfwellenpumpe zu erkennen. Der grüne Schlauch fördert Wasser aus dem Wasserbehälter, der rechte gelbe Schlauch leitet Wasser zum CombiMIXER, der linke dient als Bypass und leitet überschüssiges Wasser zurück in den Wasservorratsbehälter

Abb. 15: Hinter dem CombiMIXER wird eine 10 m lange Schleppe aus grüner LKW-Plane über die gedämpfte Fläche gezogen, damit die Wärme möglichst lange im Boden verbleibt

Abb. 16: Zustand einer gemulchten und gefrästen Parzelle am 04.07.2016 in der Baumschule, auf der zuvor die Saatgutmischung viterra®BIOFUMIGATION angebaut wurde, kurz vor dem Abdecken mit schwarzer PE Folie. Trotz sorgfältigem Einsatz des Schlägel Mähers sind immer noch die groben Pflanzenteile der Biofumigationspflanzen deutlich zu erkennen

Abb. 17: Mit Hilfe eines praxisüblichen Folienlegegerätes wurden die Parzellen nach erfolgter Biofumigation mit schwarzer PE Folie (150 cm Breite, 0,08 mm Stärke) abgedeckt

Abb. 18: Reife Körner von Sareptasenf (*Brassica juncea* 'Terrafit'), die zur Gewinnung des Samenmehls mittels einer Ölmühle vom Öl getrennt werden. Der vom Öl befreite Pressrückstand, der immer noch etwas fettig und klebrig ist, kam im Rahmen der Biofumigation mit einer Aufwandmenge von 5 t/ha zum Einsatz (Foto: NEUBAUER, Hochschule Osnabrück)

Abb. 19: Versuchsplan 2017, der die Bepflanzung der Versuchspartellen mit den Indikatorpflanzen *Rosa corymbifera* 'Laxa' (= 6.3 Laxa), *Malus domestica* 'Bittenfelder' (= 6.4 Bittenf.) und *Malus M4* oder M106 (= 6.5 M4) zeigt

Abb. 20: Bohrstock (Länge 80 cm, Innendurchmesser 20 mm, effektive Beprobungstiefe 30 cm) aus Edelmetall mit Fußraste zur Entnahme von Bodenproben für die Analyse auf phytopathogene Nematoden oder verfügbare Nährstoffe

Abb. 21: Histogramm der Bodentemperaturen in 10 cm Tiefe im Gartenbauzentrum der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein zwischen dem 20.08 früher Nachmittag und dem 24.08.2013 am frühen Nachmittag

Abb. 22: Histogramm der Niederschlagshöhe [mm] im Gartenbauzentrum der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein zwischen dem 27.07 und 23.08.2013

Abb. 23: Zu erwartendes und theoretisch mögliches Biofumigations-Potential (= resultierende ITC Konzentration in nmol ITC/g Boden) von Arten der *Brassicaceae* im Vergleich zur Anwendung von Basamid® Granulat (400 kg/ha) (verändert nach NEUBAUER et al. 2014)

Abb. 24: Zu erwartendes und theoretisch mögliches Biofumigations-Potenzial (= resultierende ITC Konzentration in nmol ITC/g Boden) von Arten der *Brassicaceae* im Vergleich zur Anwendung von Basamid® Granulat (400 kg/ha). Die gelbe Säule zeigt das theoretische Biofumigations-Potenzial einer Biofumigation von Sareptasenf-Samenmehl in der Aufwandmenge 2,5 bis 5 t/ha (verändert nach NEUBAUER et al. 2014)

Abb. 25: Monatliche Niederschlagssummen [mm] im Gartenbauzentrum der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein in den Jahren 2015 und 2016 im Vergleich zum 30 jährigen Mittel

III. Tabellenverzeichnis

Tab. 1A: Düngung am Standort A (Kummerfeld) in den Jahren 2012 – 2014

Tab. 1B: Düngung am Standort K (Heidgraben) in den Jahren 2012 – 2014

Tab. 1C: Düngung am Standort M (Ellerhoop) in den Jahren 2012 – 2014

Tab. 2A: Düngung in Vegetationsperiode 2016 basierend auf einer Analyse einer Bodenprobe. **Standort K**, Beprobung am 02.03.2016 (Grün unterlegt das Ergebnis der Bodenanalyse im Institut Koldingen, AGROLAB Gruppe)

Tab. 2B: Standort C, Beprobung am 02.03.2016 (Grün unterlegt das Ergebnis der Bodenanalyse im Institut Koldingen, AGROLAB Gruppe)

Tab. 3: Wachstumsparameter der Indikatorpflanzen, die im Rahmen der Endauswertung im Februar 2015 gemessen wurden. Aufgeführt sind die Mittelwerte \pm der Standardabweichung über die jeweils 3 Wiederholungen (a, b, c). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (Tukey Test, $P < 0,05$ und $n = 3$)

Tab. 4: Zusammenfassung der Effekte der Behandlungen auf das Triebblängenwachstum und das Triebfrischgewicht der Indikatorpflanzen im Vergleich zum fortgesetzten Nachbau der Indikatorpflanzen

Tab. 5: Wachstumsparameter der Indikatorpflanzen, die im Rahmen der Endauswertung im Oktober und November 2017 gemessen wurden. Aufgeführt sind die Mittelwerte \pm der Standardabweichung über die jeweils 3 Wiederholungen (a, b, c). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (Tukey Test, $P < 0,05$ und $n = 3$).

IV. Abschlussbericht (Hauptteil)

1. Einführung

1.1. Gegenstand des Vorhabens

Der intensive Nachbau von Gehölzen der Familie der *Rosaceae* auf derselben Fläche führt zu einer Beeinträchtigung des Wachstums und Ertrags, was in Baumschulen oder Obstbaubetrieben zu wirtschaftlich nicht vertretbaren Schäden führen kann, wodurch diese bodenmüde Fläche als Standort für den Anbau von Rosaceen ausscheidet. Die Wachstums- und Ertragsminderungen, die zusammengefasst als Nachbauschäden bezeichnet werden, sind auf die Bodenmüdigkeit (engl. replant disease) des Standortes zurückzuführen. Die Ursachen für das Auftreten der Nachbauschäden sind von komplexer Natur und bisher in ihrer Gesamtheit noch nicht reproduzierbar identifiziert.

Eine selektive Bekämpfung der Bodenmüdigkeit ist solange nicht möglich, solange die Ursache nicht reproduzierbar geklärt ist. Da die Bodenmüdigkeit einer Fläche, trotz eines zwischenzeitlich praktizierten Anbaus von z.B. Getreide, eine sehr hohe Persistenz aufweist, die mehr als 25 Jahre beträgt, stellt auch der Anbau von Zwischenfrüchten kein adäquates Mittel zur Bekämpfung der Bodenmüdigkeit dar. Sie kann im Rahmen einer Bodendesinfektion bekämpft werden, wobei es bis einschließlich 2013 zumindest in zeitlich befristeten Zeiträumen praxisüblich war, die Desinfektion mit Hilfe des zuletzt noch zugelassenen Mittels Basamid® Granulat erfolgreich durchzuführen. Seit 2014 gibt es in Deutschland jedoch kein zugelassenes Mittel mehr, das zur Desinfektion des Bodens eingesetzt werden könnte. Eine ebenfalls mögliche thermische Desinfektion des Bodens mit Hilfe von Wasserdampf scheitert am hohen Energieverbrauch (0,75 l Heizöl pro m² Fläche), hohen Kosten (20.000 – 25.000 €/ha zzgl. Investitionskosten von 85.000 € für die benötigte Maschine), der Langwierigkeit des Verfahrens (ca. 50 h/ha) und der Störanfälligkeit der Maschine.

Gegenstand des fast sechsjährigen Vorhabens war es daher zu prüfen, inwieweit die Biofumigation von Pflanzen aus der Familie der *Brassicaceae* (bis Ende 2014) und später die Biofumigation von Sareptasenf-Samenmehl (bis Ende 2017) ein praktikables, ökonomisch sinnvolles und nachhaltiges Verfahren zur Desinfektion bodenmüden Bodens in Baumschulen darstellen kann. Sowohl beim Anbau und der anschließenden Biofumigation von Pflanzen aus der Familie der *Brassicaceae* (hier Ölrettich = *Raphanus sativus* var. *oleiformis* 'Defender' und Sareptasenf = *Brassica juncea* 'Terrafit') als auch beim Einarbeiten des vom Senföl weitgehend befreiten Mehls von Samen des Sareptasenf (*Brassica juncea* 'Terrafit') gelangen Glucosinolate (GS) in unterschiedlichen Mengen in den Boden, die dort, katalysiert durch das pflanzeigene Enzym Myrosinase, hydrolytisch zu Isothiocyanaten (ITCs) umgebaut werden. Ein ITC ist auch die wirksame Verbindung des Basamid® Granulat,

wodurch die Wirkungsmechanismen der Biofumigation und des Basamid® Granulats vergleichbar sind. Weitere Versuchsvarianten wie der Anbau von *Tagetes patula* NEMAMIX (Nematodenbekämpfung im Boden), Sandhafer (= *Avena strigosa* 'PRATEX' zur Unkrautunterdrückung nach erfolgter Biofumigation) sollten das Verfahren der Biofumigation sinnvoll ergänzen bzw. dienen als praxisübliche Vergleichsvariante zur Nematodenbekämpfung. Als praxisüblicher Standard zur Desinfektion des Bodens wurde Basamid® Granulat angewendet. Im Rahmen der Projektverlängerung wurde dann auch die thermische Bodendesinfektion mit Hilfe des CombiMIXER der Firma Mobildampf in den Vergleich mit aufgenommen.

1.2. Ziele und Aufgabenstellungen des Projektes

Gesamtziel des Projektes

Prüfung der Möglichkeiten und Grenzen der Biofumigation zur Überwindung der Bodenmüdigkeit in Baumschulen, die auf Jungpflanzenanzucht spezialisiert sind, und damit die Identifikation einer nachhaltigen, praktikablen und ökonomisch sinnvollen Alternative zur chemischen Bodendesinfektion.

Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN

Mit Hilfe des Projektes sollte ein Verfahren zur Überwindung der Bodenmüdigkeit ohne den Einsatz von chemischen Desinfektionsmitteln entwickelt werden. Somit stand ein Beitrag zu den Zielen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft im Fokus des Projektes. Es entspricht damit der Richtlinie 2.1.2 Umweltgerechter Pflanzenbau, Risikominderung im Pflanzenschutz, insbesondere durch nicht-chemische und biologische Pflanzenschutzverfahren vom 07.07.2011.

1.3. Planung und Ablauf des Projektes

Erste Projektphase (09.05.2012 bis 31.08.2015)

Im Rahmen der ersten Projektphase sollte die zweifache Biofumigation pro Jahr von Ölrettich (= *Raphanus sativus* var. *oleiformis* 'Defender') und Sareptasenf (= *Brassica juncea* 'Terrafit') über ein bzw. zwei Vegetationsperioden mit der unbehandelten Kontrolle (= fortgesetzter Nachbau der Indikatorpflanzen *Rosa corymbifera* 'Laxa', *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' und *Malus* M4 bzw. alternativ M106), dem Zwischenfruchtanbau von *Tagetes patula* NEMAMIX (= praxisübliche Methode zur biologischen Bekämpfung von Nematoden der Gattung *Pratylenchus*) über zwei Vegetationsperioden und der einmaligen Desinfektion des Bodens mit Hilfe von Basamid® Granulat verglichen werden. Die Auswirkungen der zum Vergleich anstehenden Versuchsvarianten auf das Pflanzenwachstum von Gehölzen aus der Familie der *Rosaceae* wurde im Laufe der dritten Vegetationsperiode überprüft, in dem auf allen Parzellen die Indikatorpflanzen ausgesät (*Rosa corymbifera* 'Laxa' und *Malus sylvestris*

‘Bittenfelder’) bzw. gepflanzt (*Malus* M4 bzw. M106) wurden und deren resultierendes Wachstum in Abhängigkeit von der jeweiligen Versuchsvariante miteinander verglichen wurde. Alle sieben Versuchsvarianten konnten auf den Versuchsflächen in drei Baumschulen wie geplant angelegt und im Rahmen der Projektlaufzeit geprüft werden.

Zweite Projektphase (01.01.2016 bis 31.12.2018, kostenneutral verlängert bis 31.08.2018)

Im Verlauf der ersten Projektphase hat sich gezeigt, dass eine zweifache Biofumigation pro Vegetationsperiode in unseren Regionen nicht erfolgreich durchgeführt werden kann, weil bei der hier praktizierten Biofumigation (ohne Folienabdeckung) die im Boden nachzuweisenden ITC Mengen sehr gering sind. Da die als praxisübliche Kontrolle gedachte Desinfektion des Bodens mit Hilfe von Basamid® Granulat in diesem Versuch nicht die erwartete Wirkung gezeigt hat und die Indikatorpflanzen auf den Parzellen am besten wuchsen, auf denen zuvor für zwei Vegetations-perioden *Tagetes patula* NEMAMIX angebaut wurde, sollten im Rahmen der Verlängerung Varianten zur Optimierung der Biofumigation geprüft werden sowie die thermische Bodendesinfektion mit Hilfe des CombiMIXERS in den Vergleich mit einbezogen werden.

Zur Optimierung der Biofumigation wurden zum einen eine Folienabdeckung mit einer gasdichten PE Folie im Anschluss an die Einarbeitung der Pflanzenmasse durchgeführt, zum anderen die dem Boden zugeführte GS-Menge dadurch erhöht, dass entöltes Samenmehl von Sareptasenf (*Brassica juncea* ‘Terrafit’) in einer Aufwandmenge von 5000 kg/ha ausgebracht wurde. Als zweite Alternative zur Erhöhung der dem Boden zugeführten GS-Menge diente der Anbau einer speziellen Saatgutmischung aus *Brassica juncea* ‘Terrafit’ und *Raphanus sativus* var. *oleiformis* ‘Defender’ zur Biofumigation (= viterra® BIOFUMIGATION). Alle sechs Versuchsvarianten konnten auf den Versuchsflächen in zwei Baumschulen im Kreis Pinneberg wie geplant angelegt und im Laufe der Projektlaufzeit durchgeführt werden.

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

2.1. Zum Zeitpunkt der Planung der ersten Projektphase (09.05.2012 bis 31.08.2015)

Ergebnisse von Untersuchungen zu dem Phänomen der Bodenmüdigkeit waren zum Zeitpunkt der Projektplanung in zahlreichen Publikationen niedergelegt, so z.B. bei STRAßBURGER (1992), WUNDERLICH (1993); SPETHMANN et al (ohne Jahr) und HÖHNE und HAAS (2008). Die Nachbauschäden können im Wesentlichen drei Bereichen zugeordnet werden:

- **Schäden durch bodenchemische und bodenphysikalische Faktoren**, die allerdings durch Düngung, Bodenbearbeitung sowie Be- und Entwässerung bekämpft werden können

- **Schäden durch Nematoden und Schadpilze**, deren großflächige Bekämpfung nicht unproblematisch ist, da die Anwendung von Nematiziden und Fungiziden finanziell aufwändig ist und zunehmend auf Akzeptanzgrenzen stößt. Mit dem allgemein akzeptierten Anbau von *Tagetes* können leider nur einzelne Nematodengattungen wie die der Gattung *Pratylenchus* erfolgreich bekämpft werden.

- **Schäden durch bisher nicht erklärte Ursachen, die der „Bodenmüdigkeit“ zugeordnet werden**, deren selektive Bekämpfung bisher nicht möglich ist. Als generelle Maßnahmen sind Flächenwechsel, Fruchtwechsel bzw. die unspezifische chemische oder thermische Desinfektion zu nennen. Ein Fruchtwechsel zwischen Baumschulgehölzarten ist wegen der aus Wettbewerbsgründen notwendigen betrieblichen Spezialisierung und der über Jahrzehnte anhaltenden Bodenmüdigkeit nicht zielführend. Ein Flächenwechsel ist wegen der Konkurrenz um verfügbare Flächen, vor allem wegen des Anbaues von nachwachsenden Rohstoffen, nur sehr begrenzt möglich. Auch der Anbau von Zwischenfrüchten ist bisher als Einzelmaßnahme von geringer Effizienz. Die ~~Spezifische~~ Bodenmüdigkeit wird bisher im Rahmen von Maßnahmen zur Bodendesinfektion bekämpft. Bei der *Thermischen Bodendesinfektion* wird z. B. Dampf in den Boden eingeleitet. Wirksames Dämpfen von Freilandflächen bis in 25 bis 30 cm Tiefe scheidet bei Bewertung der ökologischen Gesamtbilanz und aus Kostengründen aus. Ebenso scheidet eine Bodenentseuchung durch *Einsatz energiereicher Strahlen* im Freiland aus Gründen der Realisierbarkeit und der Wirksamkeit aus. Das letzte, begrenzt zugelassene Mittel zur *chemischen Bodenentseuchung* war Basamid® Granulat. Basamid® Granulat tötet alle im Boden vorkommenden Organismen ab und ermöglicht dadurch z. B. eine Reduktion des Beikrautbesatzes und der Nematoden- und Schadpilzpopulationen. Es reduziert gleichzeitig die Wirkung der Bodenmüdigkeit. Seit 2014 ist die Anwendung von Basamid® Granulat in Deutschland nicht mehr erlaubt. Deshalb sollten und müssen dringend Alternativen entwickelt werden.

Bei der *Biologischen Bodenentseuchung* (BSD) wird Grünmasse auf der zu entseuchenden Fläche erzeugt oder aufgebracht. Im hier geprüften Verfahren wird die Grünmasse auf der zu entseuchenden Fläche produziert. Es erfolgt ein Anbau von Vertretern aus der Pflanzenfamilie der *Brassicaceae*. Zusätzliche Grünmasse wird nicht verwendet und die Abdeckung nach Einarbeiten erfolgt durch einmalige, starke Bewässerung (Wassersiegel) und ein Walzen der Fläche. *Brassicaceae* enthalten Glucosinolate (GS) in den Vakuolen. Durch das pflanzeigene Enzym Myrosinase werden die GS bei Zellverletzung abgebaut. Dabei werden flüchtige Isothiocyanate (ITCs) freigesetzt, die in den Boden gelangen und eine *Biofumigation* bewirken, also auf biologischem Weg eine desinfizierende Wirkung

ausüben. Methyl-ITC ist auch die wirksame Verbindung des Basamid® Granulat. Der Wirkungsmechanismus der Biofumigation ist damit dem mit Basamid® Granulat erzielten vergleichbar.

2.2. Zum Zeitpunkt der Planung der zweiten Projektphase (01.01.2016 bis 31.08.2018)

Nach der Durchführung der Biofumigationen zeigte sich, dass sehr geringe Konzentrationen an Isothiocyanaten (ITCs) im Boden nachweisbar waren, die zudem sehr schnell abnahmen. Ein Grund war in der **nicht ausreichenden Zerkleinerung des Pflanzenmaterials** zu suchen. Zudem könnte durch eine Folienabdeckung, wie sie auch nach der Anwendung von Basamid® Granulat zum Einsatz kommt, der Ausgasung der ITC vorgebeugt werden. Beides sollte in der Verlängerung besser realisiert werden, um das volle Potential der Biofumigation auszuschöpfen.

Nach einer ersten Analyse des Glucosinolatgehaltes eines **Samenmehls von Sareptasenf** (*Brassica juncea*) in unserer Projektgruppe und einem Vergleich mit den Analysedaten aus den Biofumigationspflanzen aus unserem Versuchsvorhaben, sind die GS-Gehalte im Samenmehl um den Faktor 5-6 höher einzuordnen. Auch NEUBAUER und HEITMANN (2013) und NEUBAUER et al. (2014) stellen fest, dass im Vergleich zu der herkömmlichen Biofumigation bei der Ausbringung von entölten Samen von *B. juncea* die Gehalte an GS und deren Abbauprodukte im Boden erheblich erhöht werden können. Dieses erklärt sich, neben den absolut höheren GS-Gehalten im Samenmehl, vor allem auch durch den viel stärkeren Zermahlungsgrad des Samenmehls verglichen mit dem Zerkleinerungsgrad der Biofumigationspflanzen bei der herkömmlichen Biofumigation. Hier setzte der geplante Einsatz des Samenmehls von Sareptasenf an.

Während der Projektlaufzeit in Phase I kam ein **neues Dämpfungsgeräte in Form des CombiMIXER (Fa. Mobildampf) auf den Markt**, dessen Einsatz derzeit sehr intensiv diskutiert und in der Baumschulpraxis experimentell erprobt wird. Dieses Gerät sollten im Rahmen der zweiten Projektphase vergleichend zu Basamid® Granulat eingesetzt werden.

3. Material und Methoden

Die Feldversuche wurden im Mai 2012 begonnen und bis zum Ende des Jahres 2017 fortgeführt. Ursprünglich war als ein von drei Indikatorpflanzen die Verwendung der Klonunterlage *Malus* M4 vorgesehen. Es stellte sich aber im Versuchsverlauf heraus, dass in den Baumschulen diese Unterlage sehr schnell ausverkauft war, sodass in den meisten Fällen auf M106 zurückgegriffen werden musste. Aus diesem Grund wird in Plänen meist nur von *Malus* M4 gesprochen, wobei es sich tatsächlich in vielen Fällen um M106 handelte.

3.1. In der ersten Projektphase (09.05.2012 bis 31.08.2015)

Zwischen 2012 und Ende 2014 gab es Versuchsstandorte in drei kooperierenden Baumschulen, A (Kummerfeld), K (Heidgraben) und M (Ellerhoop), wobei insgesamt sieben verschiedene Versuchsvarianten miteinander verglichen wurden (Abb. 1 und 2).

		Variante 1			Variante 2			Variante 3 und Variante 4						Variante 5 und Variante 6						Variante 7		
		Basamid			ohne Basamid Biofumigation und Nematodenbekämpfung			einjährige Biofumigation ohne Basamid und ohne Nematodenbekämpfung			einjährige Biofumigation ohne Basamid und ohne Nematodenbekämpfung			zweijährige Biofumigation ohne Basamid und ohne Nematodenbekämpfung			zweijährige Biofumigation ohne Basamid und ohne Nematodenbekämpfung			mit Nematodenb. ohne Basamid und ohne Biofumigation		
2012	Frühjahr	Gras 18			InPf 23	InPf 24	InPf 25	Gras 38						Sareptasenf 41			Ölrettich 42			Tagetes 57		
	Sommer													Sareptasenf 41			Ölrettich 42					
	Herbst													Sandhafer 36			Sandhafer 36					
2013	Frühjahr	Gras 18			InPf 23	InPf 24	InPf 25	Sareptasenf 31			Ölrettich 32			Sareptasenf 41			Ölrettich 42			Tagetes 57		
	Sommer							Sareptasenf 31			Ölrettich 32			Sareptasenf 41			Ölrettich 42					
	Herbst	Basamid						Sandhafer 36			Sandhafer 36			Sandhafer 46			Sandhafer 46					
2014	Frühjahr	InPf 23	InPf 24	InPf 25	InPf 23	InPf 24	InPf 25	InPf 23	InPf 24	InPf 25	InPf 23	InPf 24	InPf 25	InPf 23	InPf 24	InPf 25	InPf 23	InPf 24	InPf 25	InPf 23	InPf 24	InPf 25

Abb. 1: Darstellung der sieben Versuchsvarianten, die im Rahmen der ersten Projektphase im Zeitraum Mai 2012 bis Ende 2014 miteinander verglichen wurden. **18** = Gras (in 2012 und 2013); **23** = *Rosa corymbifera* 'Laxa' (Saatbeete, 3 Reihen pro Beet) in 2012 und 2013; **24** = *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' (Saatbeete, 3 Reihen pro Beet) in 2012 und 2013; **25** = *Malus* M4 oder M106 (Pflanzung von Verschulware, 3 Reihen pro Beet 8 -10 Pflanzen pro lfm., 25 cm Reihenabstand) in 2012 und 2013; **38** = Gras in 2012, in 2013 zweifache Biofumigation von Sareptasenf (**31**) oder Ölrettich (**32**); **41** = Zweifache Biofumigation von Sareptasenf 'Terrafit' in 2012 und 2013, jeweils im Herbst Sandhafer 'Pratex' (**36**); **42** = Zweifache Biofumigation von Ölrettich 'Defender' in 2012 und 2013, jeweils im Herbst Sandhafer 'Pratex' (**36**); **57** = *Tagetes patula* NEMAMIX (in 2012 und 2013). Im Jahr 2014 wurden auf allen Parzellen die Indikatorpflanzen 23, 24 und 25 angebaut (10 m lange Teilparzellen)

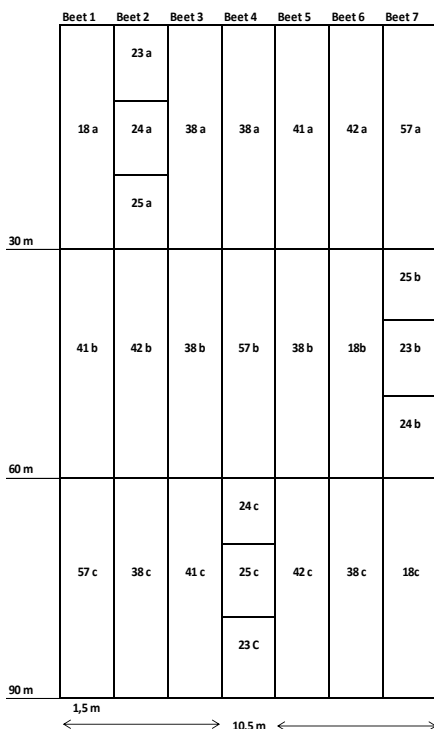


Abb. 2: Parzellenplan der Feldversuche in drei Baumschulen, die im Rahmen der ersten Projektphase 2012 bis Ende 2014 angelegt wurden. In den Jahren 2012 und 2013 wurden auf den Parzellen folgende Varianten in dreifacher Wiederholung (a,b,c) realisiert: **18** = Gras (in 2012 und 2013), Basamid® Granulat im Spätsommer 2013; **23** = *Rosa corymbifera* 'Laxa' (Saat-beete, 3 Reihen pro Beet) in 2012 und 2013; **24** = *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' (Saatbeete, 3 Reihen pro Beet) in 2012 und 2013; **25** = *Malus* M4 oder M106 (Pflanzung von Verschulware, 3 Reihen pro Beet 8 -10 Pflanzen pro lfm, 25 cm Reihenabstand, 5 Reihen) in 2012 und 2013; **38** = Gras (in 2012, in 2013 zweifache Biofumigation von Sareptasenf oder Ölrettich); **41** = Zweifache Biofumigation von Sareptasenf 'Terrafit' in 2012 und 2013, jeweils im Herbst Sandhafer 'Pratex'; **42** = Zweifache Biofumigation von Ölrettich 'Defender' in 2012 und 2013, jeweils im Herbst Sandhafer 'Pratex'; **57** = *Tagetes patula* NEMAMIX (in 2012 und 2013). 2014 wurden auf allen Parzellen jeweils 10 m große Teilparzellen der Indikatorpflanzen 23, 24 und 25 angebaut

3.1.1. Anwendung von Basamid® Granulat (Var. 1)

- In den Jahren 2012 und 2013: Bestellung mit Gras, um den Zustand bezogen auf das Ausmaß der Bodenmüdigkeit zu konservieren.
- Mitte Juli 2013: Gras mit *Roundup Ultra* (Aufwandmenge 3 l/ha) abgetötet und in den Boden eingearbeitet.
- 22.08.2013: Aufstreuen des Granulat (400 kg / ha), Einarbeiten (Fräse ca. 15 cm tief) und umgehendes Abdecken der behandelten Flächen mit schwarzer PE Folie (150 cm Breite und 0,08 mm Stärke). Praxisüblicher Verbleib der Folie über Winter.
- Düngung gemäß Angaben in Tabelle 1A, 1B und C

3.1.2. Fortgesetzter Nachbau der Indikatorpflanzen (Var. 2)

- 24.05. 2012 und 16.04.2013: Aussaaten von *Rosa corymbifera* 'Laxa' (= Behandlung 2.3), *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' (= Behandlung 2.4) sowie die Pflanzung bewurzelter Abrisse von *Malus* M4 oder M106 (= Behandlung 2.5) um durch fortgesetzten Nachbau das Ausmaß der Nachbauschäden zu verstärken.
- Düngung gemäß Angaben in Tabelle 1A, 1B und 1C.

3.1.3 Einjährige, zweifache Biofumigation Sareptasenf (*Brassica juncae* 'Terrafit' = Var. 3)

- Im Jahr 2012 zunächst Bestellung mit Gras kultiviert.
- Ende der Vegetationsperiode 2012: Gras mit *Roundup Ultra* (Aufwandmenge 3 l/ha) abgetötet und in den Boden eingearbeitet.
- 17. -19.04.2018: Erste Aussaat Sareptasenf (Aufwandmenge Saatgut 12 kg/ha).
- 13.06.2013: Erste Biofumigation (zum Zeitpunkt der Vollblüte, Abb.3), Einsatz Schlegelmäher zum möglichst feinen Mulchen der Pflanzen (Abb. 5), Einarbeiten der zerschlagenen Pflanzen mit Fräse ca. 15 cm in den Boden, Verschließen der Bodenporen durch Walzen der Flächen (Abb. 6) und zusätzliches Beregnen der Flächen mit ca. 10 mm Wasser, um entstehendes ITC (flüchtig) im Boden zu halten.
- 26. und 27.06.2013: Zweite Aussaat.
- 21.08.2013: Zweite Biofumigation.
- 11.10.2013: Aussaat Sandhafer (*Avena strigosa* 'PRATEX') um keimendes Unkraut zu unterdrücken. Daten zur Düngung können aus Tab. 1 (A, B, C) entnommen werden.



Abb. 3: Blick auf das Versuchsfeld in der Baum-schule K am 06.08.2013, rund 2 Wochen vor dem Termin der 2. Biofumigation. Der Sareptasenf befindet sich bereits in Blüte, der blau blühende Ölrettich hat gerade mit der Blüte begonnen

Tab. 1A: Düngung am Standort A (**Kummerfeld**) in den Jahren 2012 – 2014. Aufgrund des späten Projektstarts im Jahr 2012 konnte keine gesonderte Frühjahrsbeprobung des Bodens mehr erfolgen. (Grün unterlegt das Ergebnis der Bodenanalyse im Institut Koldingen, AGROLAB Gruppe)

Düngetagebuch - BiBo, Alves 2012 - 2014									
2012									
Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg	Sonstige	Bemerkung	
	Inst. Kolding	für Frühjahrsbeprobung zu spät	0	0	0	0	0		
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung / Grüneinsaat	kg/ha	Nährstoffgehalt			Anwender	Bemerkung	
				N	P2 O5	K2O			
08.06.2012		kohlensaurer Kalk	1000				Wi/Jü		
08.06.2012		Bittersalz	300				Wi/Jü	16% Mg	
08.06.2012		Novatec premium	500	15	3	20	Wi/Jü		
31.08.2012		Novatec premium	200	15	3	20		zur 2. Aussaat Var. 5 und 6	
2013									
Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg	Sonstige	Bemerkung	
	Inst. Kolding	11.04.2013	4,8	23,2	11,9	3,7	S = 6 mg/kg	S nur für Ölrettich / Sareptasenf	
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung / Grüneinsaat	kg/ha	Nährstoffgehalt			Anwender	Bemerkung	
				N	P2 O5	K2O			
14.05.2013		Kalimagnesia	300	0	0	30	Wi/Jü		
14.05.2013		Bittersalz	500				Wi/Jü	16% Mg	
14.05.2013		Novatec premium	200	15	3	20	Wi/Jü		
15.07.2013		Kalkammonsalpeter	80	27			Wi/Jü	zur 2. Aussaat Var. 3,4,5 und 6	
16.09.2013		Kalkammonsalpeter	80	27				zum Sandhafer	
14.06.2018		Schwedokal 90	50				Wi/Jü	90% S, nur Ölrettich und Sareptasenf	
2014									
Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg	Sonstige	Bemerkung	
	Inst. Kolding	24.02.2014	4,9	23,6	12,6	4			
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung / Grüneinsaat	kg/ha	Nährstoffgehalt			Anwender	Bemerkung	
				N	P2 O5	K2O			
22.04.2014		Novatec premium	300	15	3	20	Wi/Jü		
05.06.2014		Novatec premium	150	15	3	20	Wi/Jü		

Tab.1B: Düngung am Standort **K (Heidgraben)** in den Jahren 2012 – 2014. Aufgrund des späten Projektstarts im Jahr 2012 konnte keine gesonderte Frühjahrsbeprobung des Bodens mehr erfolgen. (Grün unterlegt das Ergebnis der Bodenanalyse im Institut Koldingen, AGROLAB Gruppe)

Düngetagebuch - BiBo, Klei 2012 - 2014								
2012								
Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg	Sonstige	Bemerkung
	Inst. Kolding	für Frühjahrsbeprobung zu spät	0	0	0	0	0	
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung / Grüneinsaat	kg/ha	Nährstoffgehalt			Anwender	Bemerkung
				N	P2 O5	K2O		
08.06.2012		kohlensaurer Kalk	1000				Wi/Jü	
08.06.2012		Bittersalz	500				Wi/Jü	16% Mg
08.06.2012		Novatec premium	500	15	3	20	Wi/Jü	
31.08.2012		Novatec premium	200	15	3	20		zur 2. Aussaat Var. 5 und 6
2013								
Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg	Sonstige	Bemerkung
	Inst. Kolding	11.04.2013	5,3	25,1	12,2	5,1	S = 4 mg/kg	S nur für Ölettrich / Sareptasenf
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung / Grüneinsaat	kg/ha	Nährstoffgehalt			Anwender	Bemerkung
				N	P2 O5	K2O		
14.05.2013		Kalimagnesia	300	0	0	30	Wi/Jü	
14.05.2013		Bittersalz	200				Wi/Jü	16% Mg
14.05.2013		Novatec premium	200	15	3	20	Wi/Jü	
15.07.2013		Kalkammonsalpeter	80	27			Wi/Jü	zur 2. Aussaat Var. 3,4,5 und 6
16.09.2013		Kalkammonsalpeter	80	27				zum Sandhafer
14.06.2018		Schwedokal 90	80				Wi/Jü	90% S, nur Ölettrich und Sareptasenf
2014								
Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg	Sonstige	Bemerkung
	Inst. Kolding	24.02.2014	5,3	22,8	12,7	5,8		
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung / Grüneinsaat	kg/ha	Nährstoffgehalt			Anwender	Bemerkung
				N	P2 O5	K2O		
22.04.2014		Novatec premium	300	15	3	20	Wi/Jü	
05.06.2014		Novatec premium	150	15	3	20	Wi/Jü	

Tab 1C: Düngung am Standort **M (Ellerhoop)** in den Jahren 2012 – 2014. Aufgrund des späten Projektstarts im Jahr 2012 konnte keine gesonderte Frühjahrsbeprobung des Bodens mehr erfolgen. (Grün unterlegt das Ergebnis der Bodenanalyse im Institut Koldingen, AGROLAB Gruppe)

Düngetagebuch - BiBo, Mehlen, 2012 - 2014								
2012								
Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg	Sonstige	Bemerkung
	Inst. Kolding	für Frühjahrsbeprobung zu spät	0	0	0	0	0	
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung / Grüneinsaat	kg/ha	Nährstoffgehalt			Anwender	Bemerkung
				N	P2 O5	K2O		
08.06.2012		kohlensaurer Kalk	500				Wi/Jü	
08.06.2012		Bittersalz	300				Wi/Jü	16% Mg
08.06.2012		Novatec premium	300	15	3	20	Wi/Jü	
31.08.2012		Novatec premium	200	15	3	20		zur 2. Aussaat Var. 5 und 6
2013								
Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg	Sonstige	Bemerkung
	Inst. Kolding	11.04.2013	5,3	25	12,6	6,3	S = 6 mg/kg	S nur für Ölettrich / Sareptasenf
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung / Grüneinsaat	kg/ha	Nährstoffgehalt			Anwender	Bemerkung
				N	P2 O5	K2O		
14.05.2013		Kalimagnesia	300	0	0	30	Wi/Jü	
14.05.2013		Bittersalz	200				Wi/Jü	16% Mg
14.05.2013		Novatec premium	300	15	3	20	Wi/Jü	
15.07.2013		Kalkammonsalpeter	80	27			Wi/Jü	zur 2. Aussaat Var. 3,4,5 und 6
14.09.2013		Kalkammonsalpeter	80	27				zum Sandhafer
14.06.2018		Schwedokal 90	50				Wi/Jü	90% S, nur Ölettrich und Sareptasenf
2014								
Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg	Sonstige	Bemerkung
	Inst. Kolding	24.02.2014	5,4	19,5	11,7	7,1		
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung / Grüneinsaat	kg/ha	Nährstoffgehalt			Anwender	Bemerkung
				N	P2 O5	K2O		
22.04.2014		Novatec premium	300	15	3	20	Wi/Jü	
05.06.2014		Novatec premium	150	15	3	20	Wi/Jü	

3.1.4. Einjährige, zweifache Biofumigation Ölrettich (*Raphanus sativus* var. *oleiformis* 'Defender' = Var. 4)

- Im Jahr 2012 zunächst Bestellung mit Gras.
- Ende der Vegetationsperiode 2012: Gras mit *Roundup Ultra* (Aufwandmenge 3 l/ha) abgetötet und in den Boden eingearbeitet.
- 17. -19.04.2018: Erste Aussaat Ölrettich (Aufwandmenge Saatgut: 30 kg/ha).
- 13.06.2013: Erste Biofumigation (zum Zeitpunkt der Vollblüte, Abb.3), Einsatz Schlegelmäher Schlegelmähers um ein möglichst feines Zerkleinern der oberirdischen Pflanzenmasse zu erreichen (Abb. 5), Einarbeiten der zerschlagenen Pflanzen mit Fräse ca. 15 cm in den Boden, Verschließen der Bodenporen durch Walzen (Abb. 6) und zusätzliches Beregnen der Flächen mit ca. 10 mm Wasser, um entstehendes ITC (flüchtig) im Boden zu halten.
- 26. und 27.06.2013: Zweite Aussaat.
- 21.08.20213: Zweite Biofumigation.
- 11.10.2013: Aussaat Sandhafer (*Avena strigosa* 'PRATEX') um keimendes Unkraut zu unterdrücken.
- Daten zur Düngung können aus Tab. 1 (A, B, C) entnommen werden.



Abb. 4: Ölrettich 'Defender' in der Baumschule A in Blüte (14.08.2013). Rund eine Woche später wurde die zweite Biofumigation durchgeführt, da zum Zeitpunkt der Blüte die Glucosinolatgehalte in der Pflanze am höchsten sind



Abb. 5: Schlegelmulcher beim Mulchen von Sareptasenf im Rahmen einer Biofumigation



Abb. 6: Nachdem die Pflanzenmasse gemulcht wurde, wird sie ca. 15 cm in den Boden eingearbeitet (Fräse) und die Bodenporen werden danach durch den Einsatz einer Walze (hier Rasenbaumaschine), in Kombination mit einer Beregnung der Parzellen (10 mm), verschlossen, damit das flüchtige ITC im Boden verbleibt

3.1.5. Zweijährige, zweifache Biofumigation Sareptasenf (*Brassica juncea* 'Terrafit' = Var. 5)

- 21. – 22.05.2012.: Erste Aussaat Sareptasenf.
- 24.07.2012: Erste Biofumigation.
- 02. bzw. 07.08.2012: Zweite Aussaat Sareptasenf.
- 01.10.2012: Zweite Biofumigation.
- Die weiteren Arbeiten waren entsprechend den Arbeiten in der Var. 3.1.3.

3.1.6. Zweijährige, zweifache Biofumigation Ölrettich (*Raphanus sativus* var. *oleiformis* 'Defender' = Var. 6)

- 21. – 22.05.2012: Erste Aussaat Ölrettich.
- 24.07.2012: Erste Biofumigation.
- 02. bzw. 07.08.2012: Zweite Aussaat Sareptasenf.
- 01.10.2012: Zweite Biofumigation.
- Die weiteren Arbeiten waren entsprechend den Arbeiten in der Var. 3.1.4.

3.1.7. Zweijähriger Anbau von *Tagetes patula* NEMAMIX (= Var. 7)

- 21. – 22.05.2012: Aussaat von *Tagetes* (Saatgutmenge 3 g/m²). Die Düngung erfolgte entsprechen den Angaben in Tab. 1 (A, B, C).
- 21.10.2012: Mulchen der *Tagetes* mit Hilfe eines Schlegelmähers, anschließende Einarbeitung.



Abb. 7: Parzellen mit blühender *Tagetes patula* NEMAMIX am 23.07.2012 in der Baumschule K. Im Unterschied zur Biofumigation, die nur nach dem Einarbeiten der Pflanzenmasse kurzzeitig eine desinfizierende Wirkung auf den Boden hat, übt der Anbau von *Tagetes* bereits während des Wachstums der Pflanzen seine nematizide Wirkung aus

- 17.06.2013: Aussaat der *Tagetes*.
- 01.10.2013: Mulchen und in den Boden eingearbeitet wurden.
- 11.10. Aussaat Sandhafer (*Avena strigosa* 'PRATEX'), um keimende Unkräuter zu hemmen.
- Das hier praktizierte Kulturverfahren entspricht der gegenwärtig üblichen Praxis zur Bekämpfung von wandernden Wurzel nematoden der Gattung *Pratylenchus* in Baumschulen

3.1.8. Anbau der Indikatorpflanzen im Jahr 2014 – Erfolgskontrolle der Behandlungsvarianten

Im Jahr 2014 wurden auf den drei Versuchsstandorten und auf den Parzellen aller Behandlungsvarianten die Indikatorpflanzen angebaut, um den Erfolg dieser Behandlung bei der Überwindung der Bodenmüdigkeit zu überprüfen (Abb. 8 und 9).

- 01. – 03.04.2014: Aussaat bzw. Pflanzung der Indikatorpflanzen.
- 09. – 20.02.2015: Roden der Pflanzen (aufgrund mangelnder Befahrbarkeit der Flächen durch extrem hohe Niederschläge war dieses im Herbst 2014 nicht möglich).
- Danach wurden die Pflanzen vermessen, um die Wirkung der einzelnen Behandlungsvarianten beurteilen zu können.



Abb. 8: Die Aussaat der Indikatorpflanzen *Rosa corymbifera* 'Laxa' und *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' auf allen Parzellen der Varianten 1-7 ist auf der Versuchsfläche in der Baumschule Klei abgeschlossen (01.04.2014). Es fehlen noch *Malus* M4 oder M106, die noch gepflanzt werden müssen



Abb. 9: Versuchsfläche in der Baumschule Klei Anfang Mai 2014. Die *Malus* M106 sind gepflanzt, die Saaten erfolgreich gekeimt



Abb. 10: Die Indikatorpflanzen werden auf der Versuchsfläche in der Baumschule M (Ellerhoop) am 19.02.2015 gerodet

3.2. In der zweiten Projektphase (01.01.2016 bis 31.08.2018)

Im Rahmen der Projektverlängerung wurden insgesamt sechs verschiedene Versuchsvarianten miteinander verglichen, die in Abb. 11 dargestellt sind. Dazu wurden wieder Feldversuche in randomisierter Blockanlage mit jeweils 3 Wiederholungen in zwei Baumschulen angelegt, bei Baumschule C (Holm) und auf einer zweiten Fläche in der Baumschule K (Heidgraben). Die konkrete Umsetzung des in Abb. 11 gezeigten Variantenplans ergab den in Abb. 12 gezeigten Versuchsaufbau auf den beiden Feldern. Zunächst wurde ab September 2015 auf allen Parzellen Sandhafer (*Avena strigosa* 'PRATEX') angebaut, um keimende Unkräuter zu unterdrücken. Im Frühjahr 2016 wurden auf den Parzellen der

Varianten 1,2 und 4 zunächst Gras angebaut, um den dort aktuell vorliegenden Status der Bodenmüdigkeit zu konservieren, bevor dort dann im Herbst 2016 die jeweils vorgesehenen Behandlungen durchgeführt wurden. In den folgenden Kapiteln wird das Vorgehen im Jahr 2016 in den sechs Versuchsvarianten stichwortartig beschrieben.

		Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6
		Basamid®	Dämpfen	Biofumigation 1	Biofumigation 2	Tagetes	Indikatorpflanzen
Herbst 2015		Sandhafer	Sandhafer	Sandhafer	Sandhafer	Sandhafer	Sandhafer
2016	Frühjahr	Gras	Gras	Biofumigationspflanzen 3.1+3.2 (viterra® BIOFUMIGATION) Zerkleinerung, Einarbeitung und Abdeckung mit Folie	Gras	Tagetes 5.6	Indikatorpflanzen 6.3, 6.4, 6.5
	Sommer						
	Herbst	Basamid®	Dämpfung		Einarbeitung von 5 t/ha Sareptasenf - Samenmehl (Brassica juncae TERRAFIT-BIOFUM)	Einarbeitung	Rodung
	Winter	Abdeckung mit Folie	Sandhafer	Abdeckung mit Folie	Abdeckung mit Folie	Sandhafer	Sandhafer
2017*	Frühjahr	Indikatorpflanzen 6.3, 6.4, 6.5	Indikatorpflanzen 6.3, 6.4, 2.5	Indikatorpflanzen 6.3, 6.4, 6.5	Indikatorpflanzen 6.3, 6.4, 6.5	Indikatorpflanzen 6.3, 6.4, 6.5	Indikatorpflanzen 6.3, 6.4, 6.5
	Sommer						
	Herbst	Rodung und Auswertung	Rodung und Auswertung	Rodung und Auswertung	Rodung und Auswertung	Rodung und Auswertung	Rodung und Auswertung

Abb. 11: Darstellung der Versuchsvarianten, die im Rahmen der Projektverlängerung miteinander verglichen wurden

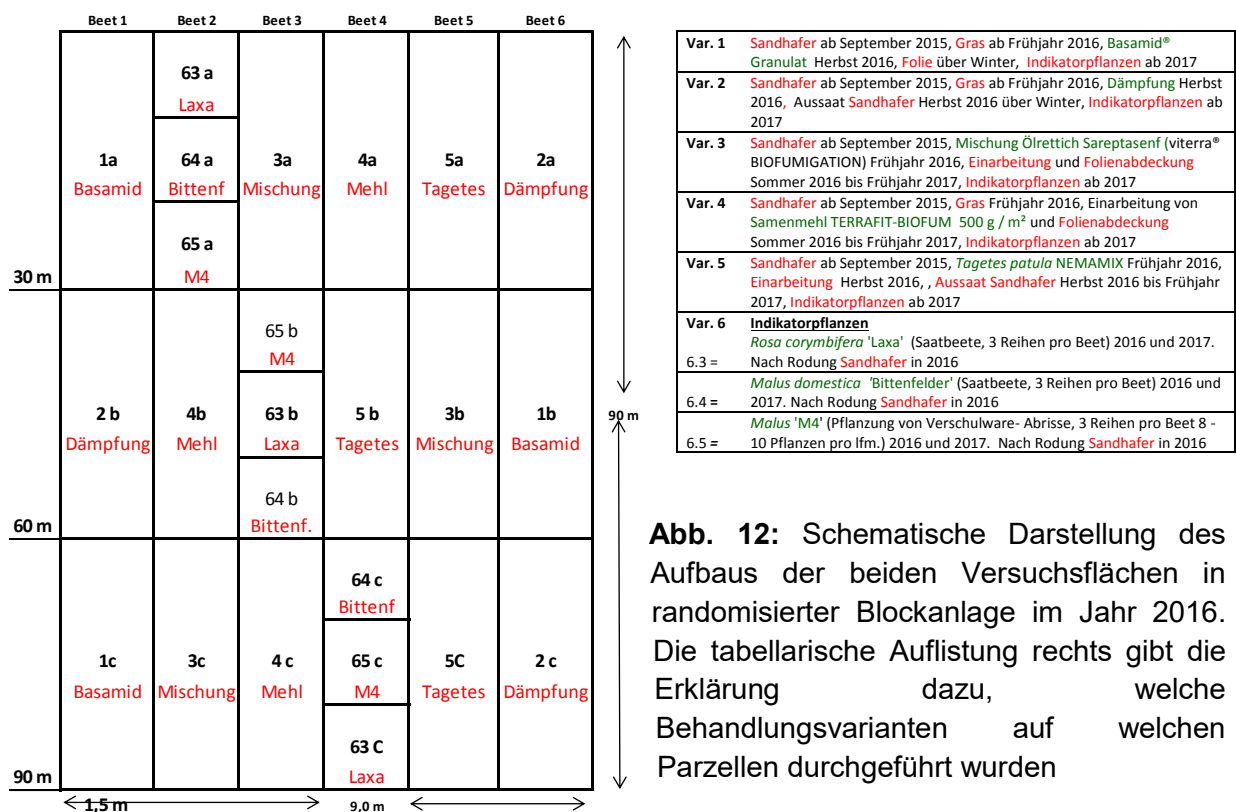


Abb. 12: Schematische Darstellung des Aufbaus der beiden Versuchsflächen in randomisierter Blockanlage im Jahr 2016. Die tabellarische Auflistung rechts gibt die Erklärung dazu, welche Behandlungsvarianten auf welchen Parzellen durchgeführt wurden

3.2.1. Anwendung von Basamid® Granulat (Var. 1)

- Im Jahr 2016: Bestellung mit Gras, um den Zustand bezogen auf das Ausmaß der Bodenmüdigkeit zu konservieren.
- Ende August 2016: Gras mit dem Herbizid *Roundup Ultra* (Aufwandmenge 3 l/ha) abgetötet und in den Boden eingearbeitet.
- 26.09.2016: Da der Boden sehr trocken war, musste in der Baumschule K die Flächen einen Tag vor der Anwendung des Basamid® Granulates mit 10 mm Wasser beregnet werden.
- 27.09.2016: Aufstreuen des Basamid® Granulat (400 kg / ha), Einarbeiten (Fräse ca. 15 cm tief) und umgehendes Abdecken der behandelten Flächen mit schwarzer PE Folie (150 cm Breite und 0,08 mm Stärke). Praxisüblicher Verbleib der Folie über Winter.
- Die Düngung der Parzellen erfolgte gemäß Tab. 2.

3.2.2. Dämpfen des Boden mit dem CombiMIXER der Firma Mobildampf (Var. 2)

- Im Jahr 2016: Bestellung mit Gras, um den Zustand bezogen auf das Ausmaß der Bodenmüdigkeit zu konservieren.
- Ende August 2016: Gras mit Herbizid *Roundup Ultra* (Aufwandmenge 3 l/ha) abgetötet und in den Boden eingearbeitet.
- 23.09.2016: Dämpfen der beiden Versuchsflächen Die Bearbeitungstiefe betrug ca. 15 cm, wobei die Bodentemperatur in ca. 10 cm Tiefe direkt hinter dem Gerät bei 90°C gelegen hat, am Ende der 10 m langen Schleppe bei 80-85°C (Abb. 15).
- 01.10.2015. Aussaat Sandhafer (12 g/m²) um keimende Unkräuter zu unterdrücken.
- Die Düngung erfolgte entsprechend Tab. 2.



Abb. 13: CombiMIXER hinter Zugfahrzeug (rechts) und Wasserversorgungsfahrzeug (links) beim Einsatz in der Baumschule C, Holm am 23.09.2016



Abb. 14: CombiMIXER hinter Zugfahrzeug (rechts) und Wasserversorgungsfahrzeug (links) beim Einsatz in der Baumschule K, am 23.09.2016. Im Frontanbau des Versorgungsfahrzeugs ist die Zapfwellenpumpe zu erkennen. Der grüne Schlauch fördert Wasser aus dem Wasserbehälter, der rechte gelbe Schlauch leitet Wasser zum CombiMIXER, der linke dient als Bypass, der überschüssiges Wasser zurück in den Vorratsbehälter leitet



Abb. 15: Hinter dem CombiMIXER wird eine 10 m lange Schleppe aus grüner LKW-Plane über die gedämpfte Fläche gezogen, damit die Wärme möglichst lange im Boden verbleibt

- Im Nachgang hat sich herausgestellt, dass die Rüttelegge, ein wesentlicher Bestandteil des CombiMIXERS, zum Ausbringungszeitpunkt defekt war. Ein bekanntes Problem und ein wesentlicher Kritikpunkt am Gerät!

3.2.3. Biofumigation der Saatgutmischung viterra®BIOFUMIGATION (Var. 3)

Die Saatgutmischung viterra®BIOFUMIGATION besteht zu 21 Vol.% aus Ölrettich 'DEFENDER' (*Raph-anus sativus*) und zu 79 Vol.% aus Sareptasenf 'ENERGY' (*Brassica juncea*). Der geschilderte Kornanteil entspricht in etwa einem Anteil von jeweils 50 Gew.% der beiden Arten.

- 12. - 13.05.2016: Aussaat.



Abb. 17: Mit Hilfe eines praxisüblichen Folienleegerätes wurden die Parzellen nach erfolgter Biofumigation mit schwarzer PE Folie (150 cm Breite, 0,08 mm Stärke) abgedeckt

Abb. 16: Zustand einer gemulchten und gefrästen Parzelle am 04.07.2016 in der Baumschule, auf der zuvor die Saatgutmischung viterra®BIOFUMIGATION angebaut wurde, kurz vor dem Abdecken mit schwarzer PE Folie. Trotz sorgfältigem Einsatz des Schlegelmähers sind immer noch die groben Pflanzenteile der Biofumigationspflanzen deutlich zu erkennen

- Die Düngung erfolgte gemäß den Angaben in Tab.2

- 30.06 und 04.07.2016: Biofumigation durch möglichst feines Mulchen der Biofumigationspflanzen und Einarbeitung ca. 15 cm tief in den Boden (Abb. 16). Im Anschluss daran Abdecken der Parzellen mit schwarzer PE-Folie, damit die flüchtigen ITC möglichst lange im Boden verbleiben (Abb. 17).

Tab. 2A: Düngung in Vegetationsperiode 2016 basierend auf einer Analyse einer Bodenprobe

Standort K, Beprobung am 02.03.2016 (Grün unterlegt das Ergebnis der Bodenanalyse im Institut Koldingen, AGROLAB Gruppe)

Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg
	Inst. Kolding	02.03.2016	5,3	25,8	9,1	5
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung	kg/ha	Nährstoffgehalt		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
03.05.2016		kohlensaurer Kalk	0			
13.05.2016		Kalimagnesia	300			30
11.07.2016		Kalimagnesia	300			30
13.05.2016		Kalkammonsalpeter	100	27		
11.07.2016		Kalkammonsalpeter	100	27		
13.05.2016	Nur Var. 3	Schwedokal 90	60			

Tab. 2B: Standort C, Beprobung am 02.03.2016 (Grün unterlegt das Ergebnis der Bodenanalyse im Institut Koldingen, AGROLAB Gruppe)

Datum	Institut:	Bodenuntersuchung vom:	pH	P	K	Mg
	Inst. Kolding	02.03.2016	5,1	24,6	13	6
Datum	Quartier / Parzelle	Düngerbezeichnung	kg/ha	Nährstoffgehalt		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
03.05.2016		kohlensaurer Kalk	1500			
13.05.2016		Kalimagnesia	300			30
11.07.2016		Kalimagnesia	300			30
13.05.2016		Kalkammonsalpeter	100	27		
11.07.2016		Kalkammonsalpeter	100	27		
13.05.2016	Nur Var. 3	Schwedokal 90	60			

3.2.4. Biofumigation mit Samenmehl von Sareptasenf, *Brassica juncea* 'Terrafit' (Var. 4)

- Im Jahr 2016: Bestellung mit Gras, um den Zustand bezogen auf das Ausmaß der Bodenmüdigkeit zu konservieren.
- Ende August 2016: Gras mit Herbizid *Roundup Ultra* (Aufwandmenge 3 l/ha) abgetötet und in den Boden eingearbeitet.



Abb. 18: Reife Körner von Sareptasenf (*Brassica juncea* 'Terrafit'), die zur Gewinnung des Samenmehls mittels einer Ölmühle vom Öl getrennt werden. Der vom Öl befreite Pressrückstand, der immer noch etwas fettig und klebrig ist, kam im Rahmen der Biofumigation mit einer Aufwandmenge von 5 t/ha zum Einsatz (Foto: NEUBAUER, Hochschule Osnabrück)

24.08.2016: Biofumigation mit dem Samenmehl (Aufwandmenge von 5 t/ha), mit Fräse ca. 15 cm tief in den Boden eingearbeitet und dann mit einer schwarzen PE Folie abgedeckt, die dort über Herbst und Winter verblieb.

- Düngung gemäß den Angaben in Tab. 2.

3.2.5. Anbau von *Tagetes patula* NEMAMIX (Var. 5)

- 12. – 13.05.2016: Aussaat.
- 22.08.2016: *Tagetes* gemulcht und 15 cm tief in den Boden eingearbeitet.
- 01.10.2015. Aussaat Sandhafer (12g/m²) um keimende Unkräuter zu unterdrücken
- Düngung gemäß Tab. 2.
- Das hier praktizierte Kulturverfahren entspricht der gegenwärtig üblichen Praxis zur Bekämpfung von wandernden Wurzelnematoden der Gattung *Pratylenchus* in Baumschulen.

3.2.6. Anbau von Indikatorpflanzen (Varianten 6.3 bis 6.5)

- 10. – 11.05.2016: Aussaat von *Rosa corymbifera* 'Laxa' (= Behandlung 6.3), *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' (= Var. 6.4) sowie die Pflanzung bewurzelter Abrisse von *Malus* M4 oder M106 (= Var. 6.5) um durch fortgesetzten Nachbau das Ausmaß der Nachbauschäden zu verstärken.
- 23.06.2016: Aufgrund schlechter Keimrate Nachpflanzen von entsprechenden Sämlingspflanzen aus Baumschulbeständen.
- 23.08.2016: Rodung der Indikatorpflanzen.
- 01.10.2015: Aussaat Sandhafer (12g/m²) um keimende Unkräuter zu unterdrücken
- Düngung gemäß Angaben in Tab. 2.

3.2.7. Anbau der Indikatorpflanzen im Jahr 2017 – Erfolgskontrolle der Behandlungsvarianten

Im Jahr 2017 wurden auf beiden Versuchsstandorte und auf den Parzellen aller Behandlungsvarianten die Indikatorpflanzen angebaut, um den Erfolg dieser Behandlung bei der Überwindung der Bodenmüdigkeit zu überprüfen (Abb. 19).

- 20.-28.04.2017: Aussaat bzw. Pflanzung der Indikatorpflanzen
- 17.-20.10.2017: Roden der Indikatorpflanzen
- Kalenderwochen 44-48 Vermessung der Indikatorpflanzen.
- Die Düngung erfolgte bedarfsgemäß auf Basis der Analyse von Bodenproben

	Beet 1	Beet 2	Beet 3	Beet 4	Beet 5	Beet 6
	63 a Laxa	63 a Laxa	63 a Laxa	63 a Laxa	63 a Laxa	63 a Laxa
	64 a Bittenf.	64 a Bittenf.	64 a Bittenf.	64 a Bittenf.	64 a Bittenf.	64 a Bittenf.
	Basamid	Bittenf.	Mischung	Mehl	Tagetes	Dämpfung
30 m	65 a M4	65 a M4	65 a M4	65 a M4	65 a M4	65 a M4
	65 b M4	65 b M4	65 b M4	65 b M4	65 b M4	65 b M4
	63 b Laxa	63 b Laxa	63 b Laxa	63 b Laxa	63 b Laxa	63 b Laxa
	Dämpfung	Mehl	Laxa	Tagetes	Mischung	Basamid
60 m	64 b Bittenf.	64 b Bittenf.	64 b Bittenf.	64 b Bittenf.	64 b Bittenf.	64 b Bittenf.
	64 c Bittenf.	64 c Bittenf.	64 c Bittenf.	64 c Bittenf.	64 c Bittenf.	64 c Bittenf.
	65 c M4	65 c M4	65 c M4	65 c M4	65 c M4	65 c M4
	Basamid	Mischung	Mehl	M4	Tagetes	Dämpfung
90 m	63 C Laxa	63 C Laxa	63 C Laxa	63 C Laxa	63 C Laxa	63 C Laxa

1,5 m 9,0 m

30 m 60 m 90 m

10 m

Abb. 19: Versuchsplan 2017, der die Bepflanzung der Versuchspartzen mit den Indikatorpflanzen *Rosa corymbifera* 'Laxa' (= 6.3 Laxa), *Malus domestica* 'Bittenfelder' (= 6.4 Bittenf.) und *Malus* M4 oder M106 (= 6.5 M4) zeigt. Dargestellt sind auch die entsprechenden Behandlungsvarianten des Jahres 2016 auf den Partzen: Basamid® Granulat (= Basamid®), Biofumigations-Mischung viterra®BIOFUMIGATION (= Mischung), Sareptasen-Samenmehl (= Mehl), *Tagetes* NEMAMIX (= Tagetes), Dämpfung, Laxa, Bittenf. und M4 oder M106 in den grün unterlegten Feldern

3.3. Beprobung des Bodens für die Untersuchung auf den Besatz mit phytopathogenen Nematoden und den Gehalt an verfügbaren Nährstoffen



Abb. 20: Bohrstock (Länge 80 cm, Innendurchmesser 20 mm, effektive Beprobungstiefe 30 cm) aus Edelmetall mit Fußraste zur Entnahme von Bodenproben für die Analyse auf phytopathogene Nematoden oder verfügbare Nährstoffe

Neben der Frage, wie sich die einzelnen Versuchsvarianten auf die Ausprägung der Bodenmüdigkeit auswirken, sollte im Projekt auch der Frage nachgegangen werden, welchen Einfluss die Versuchsvarianten auf die Entwicklung von Nematoden-Population im Boden haben. Dazu wurden im gesamten Projektverlauf an jeweils 3 Terminen in der Vegetationsperiode (Frühsommer, Hochsommer, Herbst) variantenweise Bodenproben gezogen. Die Analytik erfolgte in Laboren der Landwirtschaftskammern Schleswig-Holstein und Nordrheinwestfalen.

Die Probenahme erfolgt entsprechend den Empfehlungen der LWK NRW (2018) mit einem 80 cm langen Bohrstock mit Fußraste, der einen Innendurchmesser von 20 mm aufweist und eine Beprobungstiefe von 30 cm ermöglicht (Abb. 20). Mit dem in Abb. 20 gezeigten Bohrstock erfolgte ebenfalls jeweils vor dem Bepflanzen bzw. der Aussaat die Entnahme von Bodenproben, um die Versuchspartzen auf den Gehalt an verfügbaren Nährstoffen untersuchen zu lassen und bedarfsgerecht mit

Nährstoffen versorgen zu können. Die Analyse erfolgte jeweils beim Bodenuntersuchungs-Institut Koldingen (AGROLAB-Gruppe) in Sarstedt.

3.4. Pflege- und Pflanzenschutzmaßnahmen der Versuchsflächen im Kulturverlauf

Zur Regulierung der Beikrautentwicklung und zur Bekämpfung von aktuellen Krankheiten und Schädlingen mussten diverse Pflanzenschutzmaßnahmen unternommen werden. Insbesondere die Beikrautregulierung war sehr problematisch und konnte nicht allein durch den Einsatz von Herbiziden erfolgreich durchgeführt werden, sondern es waren umfängliche und mehrfache mechanische Maßnahmen notwendig, die teils mit Maschinen, zum größte Teil jedoch von Hand durchgeführt werden mussten.

3.5. Erfassung der Wachstumsparameter der Indikatorpflanzen am Ende der Jahre 2014 (= Ende der ersten Projektphase und 2017 (= Ende der zweiten Projektphase)

Zur Beurteilung der Wirkung der Versuchsvarianten auf das Wachstum der Indikatorpflanzen wurden ausschließlich die Pflanzen der mittleren 8 m der mittleren Parzellenreihe verwendet. An diesen wurden die Länge des Sprosses, die Frischmasse des Sprosses, der Wurzelhalsdurchmesser und die Frischmasse der Wurzel ermittelt. Wichtige Kenngrößen im Handel von Baumschulgehölzen als Veredlungsunterlagen sind die Sortierungen nach dem Wurzelhalsdurchmesser. Als ein weiteres Boniturskriterium wurde vermerkt, ob eine gerade Hauptwurzel ausgebildet wurde oder ob das Wurzelbild Verzweigungen bzw. sonstige Besonderheiten aufwies. In der Baumschulbranche sind Rosenunterlagen nur handelsfähig, wenn sie eine gerade Hauptwurzel ausgebildet haben.

4. Ergebnisse

4.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse in der ersten Projektphase (09.05.2012 bis 31.08.2015) und Diskussion

Die Vermessung der Indikatorpflanzen zum Abschluss des dritten Projektjahres bestätigte die visuellen Beobachtungen, die bereits im Laufe der Vegetationsperiode 2014 gemacht werden konnten. Generell gilt die Aussage, dass es überraschend war, dass der fortgesetzte Nachbau der Indikatorpflanzen in den meisten Fällen nicht zu einer signifikanten Verschlechterung des Wachstums der Indikatorpflanzen geführt hat. Das gilt insbesondere für *Rosa corymbifera* 'Laxa', mit der auf keiner der drei Versuchsflächen und in keiner der geprüften Varianten ein signifikanter Effekt erzielt werden konnte.

Die vier unterschiedlichen Varianten der Biofumigation (einjährige, zweifache Biofumigation von Sareptasenf (*Brassica juncea* 'Terrafit' = Var. 3), zweijährige Biofumigation von Sareptasenf (*Brassica juncea* 'Terrafit' = Var. 5), einjährige, zweifache Biofumigation von Ölrettich

(*Raphanus sativus* var. *oleiformis* 'Defender' = Var. 4) und zweijährige Biofumigation von Ölrettich (*Raphanus sativus* var. *oleiformis* 'Defender' = Variant 6)) unterschieden sich in keinem Fall signifikant hinsichtlich Ihrer Wirkung auf das Wachstum der drei Indikatorpflanzen voneinander und unterschieden sich auch nicht signifikant von der Anwendung von Basamid® Granulat (Tab. 3.1. – 3.3 und Tab. 4).

4.1.1. Ergebnisse am Standort K, Heidgraben

Am Standort in der Baumschule K zeigten alle geprüften Varianten lediglich bei der Klonunterlage *Malus* M106 einen positiven und signifikanten Effekt auf die drei Wachstumsparameter Länge des Sprosses, Frischmasse des Sprosses und Wurzelhalsdurchmesser gegenüber dem fortgesetzten Nachbau von *Malus* M106. Auf das Wurzelfrischgewicht von M106 hatten die geprüften Varianten dagegen keinen statistisch zu sichernden Einfluss. Das gleich trifft auch für alle ermittelten Wachstumsparameter von *Rosa corymbifera* 'Laxa' und *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' in der Baumschule K zu.

4.1.2. Ergebnisse am Standort A, Kummerfeld

Auf dem Versuchsfeld bei der Baumschule A zeigte sich ein statistisch zu sichernder positiver Effekt der geprüften Varianten lediglich bei der Sämlingsunterlage *Malus sylvestris* 'Bittenfelder'. Dieser beschränkt sich jedoch auf den Anbau von *Tagetes patula* NEMAMIX (Var. 7) bezüglich der mittleren Länge und der mittleren Frischmasse des Sprosses sowie beim Wurzelhalsdurchmesser bezogen auf den Vergleich zur einjährigen Biofumigation mit Sareptasenf (Var. 3). Bei allen anderen Varianten und Indikatorpflanzen konnten keine signifikanten Effekte bezüglich der vier ermittelten Wachstumsparameter festgehalten werden (Tab. 3.2. und 4).

4.1.3. Ergebnisse am Standort M, Ellerhoop

Auf der Versuchsfläche der Baumschule M zeigte sich ein etwas uneinheitlicheres Bild. Hier war ein signifikanter Effekt der geprüften Varianten auf die mittlere Länge und das mittlere Frischgewicht des Sprosses neben der Klonunterlage *Malus* M106 auch bei der Sämlingsunterlage *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' festzustellen.

Bei *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' konnte bezüglich der mittleren Länge und auch dem mittleren Frischgewicht des Sprosses mit allen geprüften Varianten ein positiver und signifikanter Effekt gegenüber dem fortgesetzten Nachbau dieser Sämlingsunterlage erzielt werden. Bezüglich des mittleren Wurzelhalsdurchmessers und dem Wurzelfrischgewicht unterschieden sich lediglich die Varianten 3, 4 und 6 signifikant vom fortgesetzten Nachbau.

Tab. 3: Wachstumsparameter der Indikatorpflanzen, die im Rahmen der Endauswertung im Februar 2015 gemessen wurden. Aufgeführt sind die Mittelwerte \pm der Standardabweichung über die jeweils 3 Wiederholungen (a, b, c). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (Tukey Test, $P < 0,05$ und $n = 3$).

Basamid = Desinfektion mit Basamid® Granulat (= Var. 1); **R. 'Laxa'** = Fortgesetzter Nachbau von *Rosa corymbifera* 'Laxa' (= Var. 2.3); **M. 'Bittenfelder'** = Fortgesetzter Nachbau von *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' (= Var. 2.4); **M. M106** = Fortgesetzter Nachbau von *Malus M 106* (= Var. 2.5); **Olr1** = einjährige, zweifache Biofumigation von Ölrettich *Raphanus sativus* var. *oleiformis* 'Defender' (= Var. 4); **Olr2** = zweijährige, zweifache Biofumigation von Ölrettich *Raphanus sativus* var. *oleiformis* 'Defender' (= Var. 6); **Senf1** = einjährige, zweifache Biofumigation von Sareptasenf *Brassica juncea* 'Terrafit' (= Var. 3); **Senf2** = zweijährige, zweifache Biofumigation von Sareptasenf *Brassica juncea* 'Terrafit' (= Var. 5); **Tagetes** = zweijähriger Anbau von *Tagetes patula* NEMAMIX (= Var. 7)

Tab. 3A: Standort K

Indikator-pflanze	Var.	Anzahl gemessene Pflanzen	Sprosslänge [cm]	Sprossfrischgewicht [g]	Wurzelhalsdurchmesser [mm]	Wurzelfrischgewicht [g]	Pflanzen mit durchgehender Pfahlwurzel [%]
R. 'Laxa'	Basamid	100/100/100	22.0 \pm 8.8	1.8 \pm 1.3	4.6 \pm 1.3	3.0 \pm 2.1	51 \pm 25
	R. 'Laxa'	100/100/100	19.9 \pm 8.3	1.4 \pm 1.0	4.5 \pm 1.1	2.6 \pm 1.7	29 \pm 22
	Olr1	100/100/100	22.1 \pm 7.5	2.2 \pm 1.3	5.0 \pm 0.9	3.6 \pm 1.9	41 \pm 36
	Olr2	29/100/100	18.8 \pm 6.6	1.3 \pm 0.9	4.3 \pm 0.8	2.1 \pm 1.4	26 \pm 38
	Senf1	66/100/100	20.8 \pm 8.2	2.0 \pm 1.4	4.8 \pm 1.2	3.1 \pm 1.9	36 \pm 29
	Senf2	61/100/100	24.4 \pm 8.7	2.1 \pm 1.4	5.1 \pm 0.9	3.5 \pm 2.1	35 \pm 30
	Tagetes	100/100/100	24.4 \pm 5.1	2.0 \pm 0.9	4.9 \pm 0.7	3.1 \pm 1.2	38 \pm 16
M. 'Bittenfelder'	Basamid	100/100/100	48.1 \pm 13.7 ab	10.4 \pm 4.3 ab	6.5 \pm 0.5 a	11.4 \pm 1.8	82 \pm 7
	M. 'Bittenfelder'	100/100/100	25.6 \pm 11.6 b	3.5 \pm 2.7 b	5.0 \pm 0.9 b	8.3 \pm 4.1	55 \pm 9
	Olr1	100/100/100	34.5 \pm 18.5 ab	5.9 \pm 4.9 ab	5.4 \pm 0.7 ab	8.0 \pm 3.5	52 \pm 28
	Olr2	100/100/100	44.4 \pm 9.3 ab	8.6 \pm 2.9 ab	5.9 \pm 0.4 ab	10.2 \pm 1.0	80 \pm 13
	Senf1	100/100/100	33.8 \pm 22.6 ab	6.2 \pm 5.8 ab	5.5 \pm 1.4 ab	7.6 \pm 5.0	40 \pm 37
	Senf2	100/100/100	48.5 \pm 13.8 ab	9.5 \pm 4.5 ab	6.3 \pm 0.6 ab	11.0 \pm 2.7	82 \pm 2
	Tagetes	100/100/100	52.9 \pm 8.1 a	11.2 \pm 2.4 a	6.7 \pm 0.4 a	11.3 \pm 2.7	87 \pm 8
M. M106	Basamid	63/74/62	78.9 \pm 6.8 a	77.8 \pm 9.9 a	13.4 \pm 0.2 ab	83.5 \pm 13.8 a	-
	M. M106	62/57/77	51.1 \pm 2.5 b	30.5 \pm 2.9 b	10.8 \pm 0.6 c	61.6 \pm 17.7 b	-
	Olr1	73/80/69	88.7 \pm 2.8 a	70.1 \pm 4.7 a	12.6 \pm 0.5 b	58.0 \pm 4.8 b	-
	Olr2	62/61/63	90.6 \pm 4.5 a	80.8 \pm 4.2 a	13.3 \pm 0.3 ab	70.0 \pm 7.3 ab	-
	Senf1	75/62/56	87.6 \pm 2.7 a	75.8 \pm 6.8 a	13.2 \pm 0.4 ab	65.0 \pm 10.0 ab	-
	Senf2	62/61/65	85.6 \pm 13.0 a	75.5 \pm 15.2 a	13.4 \pm 0.8 ab	70.6 \pm 10.1 ab	-
	Tagetes	66/64/59	78.8 \pm 8.2 a	83.6 \pm 12.9 a	13.8 \pm 1.0 a	82.5 \pm 12.9 a	-

Tab. 3B: Standort A

Indikator-pflanze	Var.	Anzahl gemessene Pflanzen	Sprosslänge [cm]	Sprossfrischgewicht [g]	Wurzelhals-durchmesser [mm]	Wurzelfrischgewicht [g]	Pflanzen mit durchgehender Pfahlwurzel [%]
R. 'Laxa'	Basamid	100/100/100	22.8±9.2 ab	2.0±1.5	5.2±1.1	4.2±2.5	41±30
	R. 'Laxa'	100/100/100	22.0±3.9 ab	1.8±0.4	5.3±0.2	4.2±1.1	45±37
	Olr1	100/100/51	20.9±10.8 ab	1.4±1.2	4.7±1.1	3.2±2.8	30±35
	Olr2	100/100/100	20.4±10.7 ab	1.5±1.4	4.7±1.0	3.1±2.7	35±43
	Senf1	100/75/72	18.2±11.8 b	1.4±1.8	4.6±1.5	3.1±3.3	33±33
	Senf2	100/100/100	18.5±10.3 b	1.1±1.2	4.3±1.2	2.5±2.7	32±44
	Tagetes	100/100/100	34.6±3.6 a	2.8±1.0	5.6±1.0	5.5±3.4	86±9
M. 'Bittenfelder'	Basamid	100/100/100	26.7±12.9 b	4.0±2.6 b	5.5±0.9 ab	7.5±3.3 ab	46±12
	M. 'Bittenfelder'	100/100/100	18.4±5.8 b	2.2±1.0 b	4.7±0.5 bc	5.6±3.0 ab	49±37
	Olr1	100/100/100	14.0±6.8 b	1.5±1.4 b	4.3±0.8 bc	3.9±2.8 b	47±38
	Olr2	100/100/100	18.1±14.5 b	2.2±2.6 b	4.6±1.2 bc	5.2±5.7 ab	56±22
	Senf1	100/100/100	12.4±6.9 b	1.1±1.0 b	3.9±0.9 c	2.7±2.2 b	28±14
	Senf2	100/100/100	16.1±0.9 b	1.8±0.4 b	4.7±0.3 bc	4.6±0.6 b	36±15
	Tagetes	100/100/100	43.1±5.0 a	7.6±1.6 a	6.3±0.2 a	10.4±2.2 a	76±4
M. M106	Basamid	58/55/64	67.5±16.0 ab	39.4±13.5 ab	11.0±0.9	56.3±10.5 ab	-
	M. M106	56/53/56	61.7±3.0 b	34.1±2.7 b	10.6±0.2	47.2±6.7 ab	-
	Olr1	65/60/70	69.8±10.9 ab	37.2±8.1 b	11.0±1.3	49.4±12.6 ab	-
	Olr2	49/56/62	68.3±11.8 ab	37.6±7.1 b	10.8±0.9	47.8±4.0 ab	-
	Senf1	54/49/45	65.2±6.2 b	34.6±4.0 b	11.0±0.4	43.2±12.6 b	-
	Senf2	50/65/55	63.6±9.8 b	34.5±9.6 b	10.8±1.0	44.3±7.4 ab	-
	Tagetes	42/48/82	83.2±6.1 a	51.9±6.2 a	11.7±0.3	60.2±10.7 a	-

Tab. 3C: Standort M

Indikator-pflanze	Var.	Anzahl gemessene Pflanzen	Sprosslänge [cm]	Sprossfrischgewicht [g]	Wurzelhals-durchmesser [mm]	Wurzelfrischgewicht [g]	Pflanzen mit durchgehender Pfahlwurzel [%]
R. 'Laxa'	Basamid	100/100/100	43.7±5.6	5.3±0.6 bc	6.9±0.6 b	10.3±1.7 b	78±15
	R. 'Laxa'	100/100/100	39.0±8.7	5.1±0.7 c	7.0±0.1 b	9.9±0.9 b	64±16
	Olr1	100/100/100	45.5±2.3	7.3±0.9 a	7.8±0.6 a	14.5±3.7 a	58±23
	Olr2	100/100/100	45.9±10.8	6.7±0.3 ab	7.4±0.2 ab	12.7±2.6 ab	66±8
	Senf1	100/100/100	47.2±5.1	6.8±1.5 a	7.6±0.6 ab	12.9±2.3 ab	62±15
	Senf2	100/100/100	43.1±8.7	6.2±1.0 abc	7.3±0.2 ab	12.5±1.2 ab	80±13
	Tagetes	100/100/100	46.6±3.7	7.4±0.5 a	7.5±0.5 ab	13.6±1.8 ab	82±15
M. 'Bittenfelder'	Basamid	100/100/100	68.0±1.9 ab	16.5±2.9 a	7.1±0.4 a	14.5±1.8 ab	26±74
	M. 'Bittenfelder'	100/100/100	37.4±5.7 c	7.6±1.7 b	5.9±0.3 b	11.9±0.6 b	27±73
	Olr1	100/100/100	77.5±8.8 a	21.6±4.4 a	7.6±0.5 a	17.9±3.6 a	33±67
	Olr2	100/100/99	66.1±9.8 ab	18.9±3.8 a	7.5±0.4 a	18.0±2.3 a	24±76
	Senf1	100/100/100	77.4±12.6 a	21.9±6.8 a	7.7±0.9 a	18.0±2.4 a	25±75
	Senf2	100/100/100	67.6±4.3 ab	16.7±1.9 a	7.0±0.4 a	16.1±2.3 a	37±63
	Tagetes	100/100/99	63.8±4.3 b	15.6±1.5 a	7.1±0.2 a	15.1±1.7 ab	27±73
M. M106	Basamid	53/42/62	103.4±4.9 a	78.1±16.6 a	12.6±1.0 a	56.4±6.5	-
	M. M106	56/43/53	74.2±4.6 b	44.1±5.7 b	11.1±0.7 b	51.4±6.3	-
	Olr1	61/52/58	109.4±9.3 a	92.0±15.0 a	13.4±0.7 a	70.5±3.5	-
	Olr2	54/53/47	103.1±13.9 a	79.0±17.2 a	12.7±0.6 a	58.7±7.6	-
	Senf1	55/48/54	101.3±6.5 a	81.6±5.7 a	13.1±0.6 a	71.0±17.5	-
	Senf2	56/44/48	104.6±10.2 a	79.5±9.3 a	13.2±0.3 a	60.9±17.9	-
	Tagetes	47/46/56	101.3±10.3 a	82.4±15.7 a	13.1±0.9 a	57.5±11.3	-

Tab. 4: Zusammenfassung der Effekte der Behandlungen auf das Trieb­längenwachstum und das Triebfrischgewicht der Indikatorpflanzen im Vergleich zum fortgesetzten Nachbau der Indikatorpflanzen

Behandlung	Standort K			Standort A			Standort M		
	'Bittenfelder'	'M106'	'Laxa'	'Bittenfelder'	'M106'	'Laxa'	'Bittenfelder'	'M106'	'Laxa'
Basamid® (Var. 1)	0	+	0	0	0	0	+	+	0
Senf1 (Var. 3)	0	+	0	0	0	0	+	+	0
Senf2 (Var. 5)	0	+	0	0	0	0	+	+	0
Olr1 (Var. 4)	0	+	0	0	0	0	+	+	0
Olr2 (Var. 6)	0	+	0	0	0	0	+	+	0
Tagetes (Var. 7)	0	+	0	+	0	0	+	+	+

0 = ohne Effekt; + = signifikanter Effekt

Bei *Malus* M106 ergibt sich hinsichtlich der mittleren Länge und auch dem mittleren Frischgewicht des Sprosses mit allen geprüften Varianten ein positiver und signifikanter Effekt gegenüber dem fortgesetzten Nachbau dieser Klonunterlage. Bezüglich des mittleren Wurzelhalsdurchmessers unterschieden sich lediglich die Varianten 3, 4, 5 und 7 signifikant vom fortgesetzten Nachbau, beim Wurzelfrischgewicht traten hier dagegen keine statistisch zu sichernden Unterschiede auf.

4.1.4. Diskussion der Ergebnisse der ersten Projektphase

Obwohl im Vergleich zum fortgesetzten Nachbau von *Rosa corymbifera* 'Laxa', *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' und *Malus* M106 mit einigen Varianten auf einzelnen Standorten und bei einzelnen Kulturen signifikant positive Effekte bezüglich des Wachstums erzielt werden konnten, muss aus Sicht der baumschulischen Praxis für alle hier geprüften Varianten generell resümiert werden, dass diese Effekte nicht ausreichen, um den wirtschaftlichen Schaden, der durch die Wachstumsdepressionen beim Nachbau von Gehölzarten aus der Familie der *Rosaceae* auftritt, im ausreichenden Maße reduzieren zu können.

Aufgrund der positiven Erfahrung der Praxis aus jahrelanger Anwendung von Basamid® Granulat wurde erwartet, dass die Wachstumsleistung der Indikatorpflanzen in den Parzellen dieser Var. 1 sehr gut sein würde und keinen Anlass zur Kritik geben würde. Allerdings waren die Wuchsleistungen in 34 von 45 Fällen schlechter als die, die beim Anbau von *Tagetes patula* NEMAMIX, als in diesen Versuchen beste Var., erzielt wurden und in den übrigen 11 Fällen nur unbedeutend besser. In 35 von 45 Fällen erbrachte die hier durchgeführte Desinfektion mit Basamid® Granulat im Vergleich zum fortgesetzten Nachbau kein signifikant besseres Wachstum der Indikatorpflanzen. Beide Beobachtungen entsprechen nicht den bisherigen Erfahrungen aus der baumschulischen Praxis. Bereits im Rahmen einer Feldführung mit Baumschulern, die am 27.08.2014 mit über 60 Teilnehmern stattfand, wurde die Vermutung geäußert, dass es sich hierbei generell um eine Minderwirkung von Basamid® Granulat handeln muss. Da die Ausbringung des Mittels durch ein erfahrenes Fachunternehmen durchgeführt wurde, sind technische Fehler bei der Ausbringung

ausgeschlossen. Nach Angaben von MAAG (2018) führen Temperaturen unter 6°C dazu, dass das entstehende Methyl-Isothiocyanat im Boden in tieferen Schichten absinkt und im Oberboden zunächst keine Wirkung zeigt. Da die Bodentemperaturen im Gartenbauzentrum in Ellerhoop in 10 cm Tiefe zum Anwendungszeitpunkt zwischen 14,4°C am frühen Morgen und 23,9°C am frühen Nachmittag gelegen haben (Abb. 21), ist davon auszugehen, dass auch auf den drei Versuchsflächen die Temperaturen nicht unter 6°C gelegen haben. Vielmehr ist es so gewesen, dass die Bodentemperaturen im optimalen Bereich zwischen 12 und 18°C lagen bzw. diesen sogar etwas überschritten haben (MAAG 2018).

Ein weiterer wichtiger Faktor für die gute Wirksamkeit von Basamid® Granulat ist das Vorhandensein einer ausreichenden Bodenfeuchte, da nach KANESHO SOIL (2018) aus dem Wirkstoff Dazomet des Basamid® Granulats nur bei einem ausreichenden Wasserangebot im Boden das gasförmige Methyl ITC in ausreichender Menge entsteht. Als ausreichend wird dort eine Bodenfeuchte bezeichnet, die bei 60-70 % der Feldkapazität des zu behandelnden Boden liegt. Andre Quellen sprechen von 50-60 % der Feldkapazität, die sogar 5-14 Tage vor dem Anwendungstermin auf der zu behandelnden Fläche eingehalten werden sollte (MAAG 2018). Da 2014 im Zeitraum 30 Tage vor der Anwendung von Basamid® Granulat 42 mm Niederschlag in Ellerhoop gefallen sind (Abb. 22), könnte vermutet

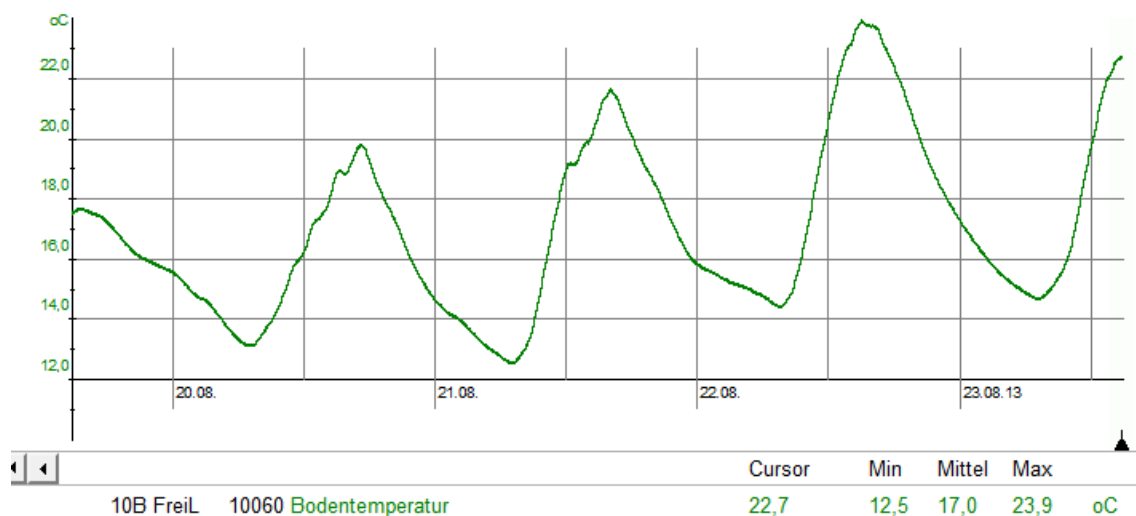


Abb. 21: Histogramm der Bodentemperaturen in 10 cm Tiefe im Gartenbauzentrum der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein zwischen dem 20.08 früher Nachmittag und dem 24.08.2013 am frühen Nachmittag

werden, dass der Boden zum Anwendungstermin und im Zeitraum davor nicht über die ausreichende Feuchte verfügt hat. Aus dem Dazomet wurde daher wahrscheinlich keine ausreichende Menge an ITC gebildet, was die Minderwirkung dieser Var. erklären würde. Zukünftig muss bei entsprechenden Versuchen auf die rechtzeitige Einstellung einer

ausreichenden Bodenfeuchte geachtet bzw. dem Wassergehalt des zu behandelnden Bodens eine wesentlich größere Aufmerksamkeit entgegengebracht werden.

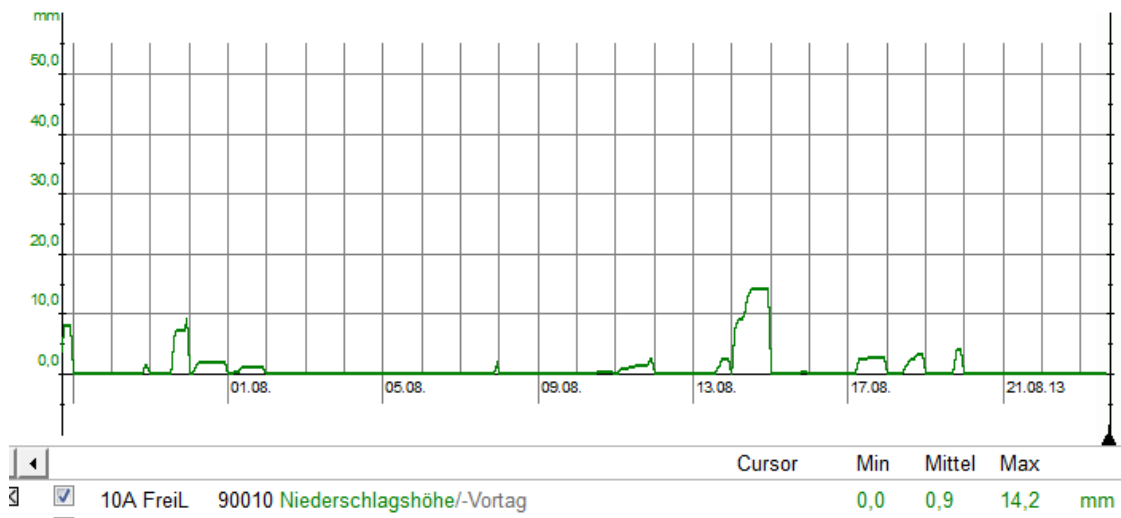


Abb. 22: Histogramm der Niederschlagshöhe [mm] im Gartenbauzentrum der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein zwischen dem 27.07 und 23.08.2013

Bei den vier verschiedenen Varianten der Biofumigation war die positive Wachstumsreaktion der Indikatorpflanzen im Vergleich zur Desinfektion mit Basamid® Granulat noch geringer. Das könnte mehrere Gründe haben. Zum einen deuteten die schlechten Wachstumsergebnisse von Ölrettich (*Raphanus sativus* var. *oleiformis* 'Defender') und Sareptasenf (*Brassica juncea* 'Terrafit') an, dass eine zweifache Biofumigation innerhalb einer Vegetationsperiode in unseren Breiten nicht sinnvoll ist. Entwickeln sich die Pflanzen nicht optimal, da der Aussaattermin zu früh oder zu spät im Jahr liegt, sind auch die GS-Gehalte in den Pflanzen gering. Damit ist die Grundlage für eine erfolgreiche Biofumigation nicht gegeben. Eventuell hätte man auf die zweifache Biofumigation deswegen verzichten sollen und besser auf die einfache Biofumigation zum optimalen Zeitpunkt im Sommer (Mitte Juni) gesetzt. Daneben ist es mit der verfügbaren Mähtechnik (Schlegelmäher) trotz mehrfacher Überfahrt über die Flächen nicht gelungen, die Pflanzen für die Biofumigation so stark zu zerkleinern, dass ein möglichst großer Teil der Zellen der Pflanzen zerstört ist. Die Zerstörung möglichst vieler Pflanzenzellen ist jedoch notwendig, damit potentiell alle GS aus den Vakuolen der *Brassicaceae* in den Boden gelangen und für die Biofumigation zur Verfügung stehen. Es muss also noch an der Mähtechnik gearbeitet werden, um den Zerkleinerungsgrad der Pflanzen für die Zwecke der Biofumigation merklich zu erhöhen. Aber selbst wenn das gelingen sollte und auch alle anderen Einflussgrößen bei der Kultur der *Brassicaceae* für die Biofumigation und die Biofumigation selbst optimal gesteuert werden sollten, weisen NEUBAUER et al. (2014) darauf hin, dass die unter optimalen

Bedingungen theoretisch entstehende ITC Menge nur 20% der ITC Menge entsprechen würde, die bei der Anwendung von 400 kg /ha Basamid® Granulat entsteht. Der tatsächlich zu erwartende Wert liegt sogar bei unter 2% der ITC Menge bei der Anwendung von Basamid® Granulat (Abb. 23). Daneben kann die geringe Wirksamkeit der Biofumigation im Rahmen dieser Versuche auch auf die eventuell nicht ausreichende Durchfeuchtung des Bodens zum Zeitpunkt der Biofumigation zurück-geführt werden, da es sich beim Umbau der GS in ITCs und Nitrile um eine hydrolytische Reaktion handelt, die auf das Vorhandensein von Wasser im Boden angewiesen ist.

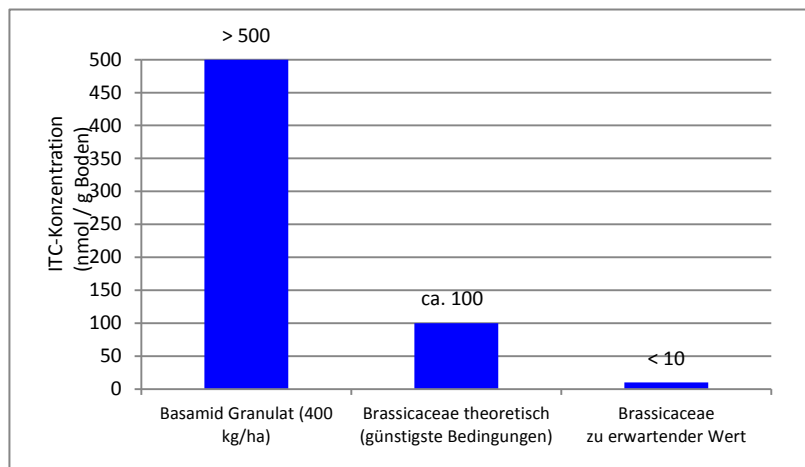


Abb. 23: Zu erwartendes und theoretisch mögliches Biofumigations-Potential (= resultierende ITC Konzentration in nmol ITC/g Boden) von Arten der *Brassicaceae* im Vergleich zur Anwendung von Basamid® Granulat (400 kg/ha) (verändert nach NEUBAUER et al. 2014)

Die relativ beste Wirkung der Var. *Tagetes patula* NEMAMIX könnte zum einen in der erfolgreichen Bekämpfung bzw. Unterdrückung von *Pratylenchus* ssp. liegen, weswegen die Baumschulen auch bereits seit langem praxisüblich *Tagetes* als Zwischenkultur anbauen. Als ein weiterer Erklärungsansatz könnte daneben der positive 'Gründungseffekt' herangezogen werden, da eine große Menge pflanzlicher Substanz zum Vegetationsende in den Boden eingebracht wird, wodurch nicht nur die chemischen sondern auch die physikalischen und eventuell auch biologischen Eigenschaften der Böden positiv und das Pflanzenwachstum fördernd beeinflusst werden.

4.2. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse in der zweiten Projektphase (01.01.2016 bis 31.08.2018) und Diskussion

Auch im Rahmen der Fortführung der Feldversuche auf zwei anderen Versuchsflächen für zwei weitere Vegetationsperioden und trotz der dabei angestrebten und umgesetzten Optimierung der Biofumigation und der Prüfung der Dämpfung als weiterer Bekämpfungsvariante gegen die Nachbauschäden an den Indikatorpflanzen, zeigte sich ein ähnliches Ergebnis, wie im Rahmen der ersten Projektphase. Das resultierende Wachstum war uneinheitlich in

den Wiederholungen der einzelnen Varianten, es gab also keinen einheitlichen Trend. Das beste Wachstum der Indikatorpflanzen zeigte sich wieder auf den Parzellen, auf denen im Jahr zuvor *Tagetes patula* NEMAMIX angebaut wurde. Wieder schnitt überraschend und entgegen allen Erwartungen die Var. Basamid® Granulat nicht so gut ab, genau wie die Biofumigation mit der Saatgutmischung viterra® BIOFUMIGATION und auch die Biofumigation mit dem Samenmehl von Sareptasenf (*Brassica juncea* 'Terrafit'). Überraschend schlecht war auch der Effekt der Dämpfung mit dem CombiMIXER. Die Ergebnisse im Detail aus beiden Feldversuchen sind in der Tabelle 5.1 und 5.2 zusammengefasst dargestellt.

4.2.1 Ergebnisse am Standort K, Heidgraben

Bedeutende Unterschiede zwischen den 6 Varianten traten nur bei der Klonunterlage *Malus* M106 auf, wobei sich nur die Var. *Tagetes* Anbau auch bezüglich aller vier erfasster Wachstumsparameter signifikant von der Var. fortgesetzter Nachbau der Klonunterlage unterscheidet.

Tab. 5: Wachstumsparameter der Indikatorpflanzen, die im Rahmen der Endauswertung 2017 gemessen wurden. Aufgeführt sind die Mittelwerte \pm der Standardabweichung über die jeweils 3 Wiederholungen (a, b, c). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (Tukey Test, $P < 0,05$ und $n = 3$). **Basamid** = Desinfektion mit Basamid® Granulat (= Var. 1); **Dämpfen** = Einsatz des CombiMIXERS (= Var. 2); **Biofum** = einjährige Biofumigation der Saatgutmischung viterra® BIFUMIGATION (= Var. 3); **Samenmehl** = Biofumigation von Sareptasenf-Samenmehl von *Brassica juncea* 'Terrafit' (Var. 4); **Tagetes** = einjähriger Anbau von *Tagetes patula* NEMAMIX (= Var. 5); **R. 'Laxa'** = Fortgesetzter Nachbau von *Rosa corymbifera* 'Laxa' (= Var. 6.3); **M. 'Bittenfelder'** = Fortgesetzter Nachbau von *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' (= Var. 6.4); **M. M106** = Fortgesetzter Nachbau von *Malus* M106 (= Var. 6.5)

Tab. 5A: Standort K

Indikator- pflanze	Var.	Anzahl gemessener Pflanzen	Sprosslänge [cm]	Sprossfrisch- gewicht [g]	Wurzelhals- durchmesser [mm]	Wurzelfrisc- gewicht [g]
R. 'Laxa'	Basamid	194/228/50	33,3 \pm 7,0	12,5 \pm 8,0	6,0 \pm 1,7	7,7 \pm 3,6
	Biofum	173/93/146	25,9 \pm 3,7	6,4 \pm 1,7	4,6 \pm 0,9	4,0 \pm 1,2
	Dämpfen	179/98/194	21,0 \pm 8,8	4,0 \pm 2,5	3,7 \pm 0,9	2,8 \pm 1,7
	R. 'Laxa'	30/98/106	27,9 \pm 9,1	7,2 \pm 2,6	4,8 \pm 0,4	4,4 \pm 1,7
	Samenmehl	192/147/146	27,9 \pm 9,1	8,1 \pm 5,5	5,1 \pm 1,6	5,1 \pm 3,4
	Tagetes	144/68/68	28,8 \pm 0,7	8,1 \pm 0,1	5,4 \pm 0,1	5,0 \pm 0,0
M. 'Bittenfelder'	Basamid	132/69/134	47,3 \pm 10,3	25,1 \pm 4,6	7,0 \pm 1,3	12,4 \pm 2,7
	Biofum	72/116/31	64,4 \pm 28,4	60,7 \pm 58,7	8,7 \pm 2,3	28,4 \pm 25,5
	Dämpfen	71/131/94	38,7 \pm 6,2	18,7 \pm 2,4	6,9 \pm 0,1	10,1 \pm 0,8
	M. 'Bittenfelder'	125/117/120	41,5 \pm 6,3	20,1 \pm 4,8	6,4 \pm 0,6	9,4 \pm 2,0
	Samenmehl	177/137/57	37,4 \pm 8,7	19,4 \pm 7,2	5,7 \pm 0,8	10,6 \pm 3,3
	Tagetes	55/150/89	51,9 \pm 9,7	24,1 \pm 7,4	6,9 \pm 1,2	12,5 \pm 3,3
M. M106	Basamid	31/29/32	83,2 \pm 2,5 b	125,6 \pm 13,7 ab	11,6 \pm 0,6 ab	66,5 \pm 1,7 ab
	Biofum	29/23/31	90,2 \pm 8,7 b	133,3 \pm 36,7 a	11,5 \pm 1,4 ab	68,3 \pm 15,2 ab
	Dämpfen	24/32/27	80,6 \pm 2,3 b	119,6 \pm 29,8 ab	11,2 \pm 0,7ab	71,7 \pm 16,5 ab
	M. M106	29/21/21	66,1 \pm 9,9 c	93,6 \pm 1,3 b	10,5 \pm 0,2 b	57,2 \pm 3,4 b
	Samenmehl	27/26/27/	93,5 \pm 12,6 ab	151,9 \pm 13,8 a	12,0 \pm 1,0 ab	79,2 \pm 9,9 a
	Tagetes	25/24/26	106,7 \pm 2,0 a	153,6 \pm 22,3 a	12,6 \pm 0,7 a	80,7 \pm 14,8 a

Tab. 5B: Standort C

Indikator- pflanze	Var.	Anzahl gemessener Pflanzen	Sprosslänge [cm]	Sprossfrisch- gewicht [g]	Wurzelhals- durchmesser [mm]	Wurzelfrischgewicht [g]
R. 'Laxa'	Basamid	194/216/314	24,8 ±3,7 ab	4,4 ±2,0 ab	3,7 ±0,8 ab	2,9 ±1,3 ab
	Biofum	128/237/134	17,0 ±7,8 bc	2,7 ±1,8 bc	3,1 ±0,7 b	1,8 ±1,1 bc
	Dämpfen	212/227/233	20,0 ±1,8 b	3,0 ±0,7 bc	3,4 ±0,5 b	2,0 ±0,5 bc
	R. 'Laxa'	62/44/89	16,5 ±3,5 bc	3,1 ±1,8 bc	3,8 ±1,1 ab	2,0 ±1,2 bc
	Samenmehl	142/122/87	11,6 ±2,7 c	1,5 ±0,7 c	2,8 ±0,6 b	1,1 ±0,5 b
	Tagetes	183/161/211	37,4 ±3,6 a	9,0 ±1,7 a	5,1 ±0,5 a	5,6 ±1,0 a
M. 'Bittenfelder'	Basamid	28/56/66	24,0 ±5,2 bc	15,8 ±5,0 bc	5,3 ±0,6 bc	9,4 ±2,3 a
	Biofum	39/34/44	13,5 ±4,3d	7,7 ±2,4 d	3,6 ±0,4 d	4,9 ±1,1 b
	Dämpfen	59/41/63	35,5 ±9,1ab	25,7 ±9,4 ab	6,3 ±0,6 ab	12,7 ±4,5 a
	M. 'Bittenfelder'	53/57/55	16,4 ±1,8 cd	9,4 ±1,0 cd	4,6 ±0,7 cd	5,5 ±0,4 b
	Samenmehl	52/43/52	14,2 ±6,2 d	9,1 ±4,7 d	4,3 ±1,2 cd	5,3 ±2,2 b
	Tagetes	54/63/54	54,3 ±8,0 a	31,3 ±4,2 a	7,5 ±0,4 a	15,0 ±2,4a
M. M106	Basamid	24/21/26	68,8 ±5,7 ab	79,7 ±12,1 a	10,4 ±0,05 a	44,4 ±9,0 ab
	Biofum	20/28/28	44,8 ±7,3 c	57,4 ±10,7 bc	8,7 ±0,5 c	36,1 ±9,0 ab
	Dämpfen	29/29/29	62,9 ±6,2 b	70,2 ±9,7 ab	9,6 ±0,3 b	43,7 ±9,2 ab
	M. M106	27/26/29	44,6 ±5,6 c	50,4 ±5,3 c	8,8 ±0,3 c	31,0 ±5,9 b
	Samenmehl	26/30/26	38,3 ±2,7 c	55,5 ±9,6 bc	8,7 ±0,2 c	35,0 ±9,5 ab
	Tagetes	29/29/32	78,2 ±5,2 a	94,8 ±20,1 a	10,7 ±0,4 a	47,7 ±7,3 a

Bei *Rosa corymbifera* 'Laxa' und auch bei *Malus sylvestris* 'Bittenfelder' waren bei einigen Wachstumsparametern die Ergebnisse der Var. Nachbau sogar tendenziell geringfügig besser als die der zu prüfenden Behandlungsvarianten, wobei diese Unterschiede nicht signifikant waren.

4.2.1 Ergebnisse am Standort C, Holm

Ein etwas anderes Bild ergibt sich auf der Fläche in der Baumschule C. Statistisch bedeutsame Unterschiede treten hier nicht nur bei der Unterlage *Malus* M106 auf, sondern auch bei *Rosa corymbifera* 'Laxa' und bei *Malus sylvestris* 'Bittenfelder'. Wieder ist es nur der Anbau von Tagetes, der sich unter allen Behandlungsvarianten bei allen erfassten Wachstumsparametern signifikant von dem fortgesetzten Nachbau der Indikatorpflanzen unterscheidet. Im Fall von *Rosa corymbifera* 'Laxa' unterscheidet sich nur die Var. Tagetes von dem fortgesetzten Nachbau der Rose, im Fall der beiden Äpfel sind es bei einigen der erfassten Wachstumsparameter auch die beiden Varianten Basamid® Granulat und Dämpfen. Die beiden Biofumigationsvarianten führten dagegen in einigen Fällen sogar zu tendenziell etwas schlechterem Wachstum, waren aber in keinem Fall signifikant besser als der fortgesetzte Nachbau der Indikatorpflanzen.

4.2.3. Diskussion der Ergebnisse der zweiten Projektphase

Auch angesichts der Ergebnisse, die im Rahmen der Verlängerung erzielt wurden, muss aus Sicht der baumschulischen Praxis resümiert werden, dass trotz mancher statistisch als signifikant zu bezeichnender Unterschiede bei einigen Varianten, die Ergebnisse ernüchternd

und enttäuschend sind. Basierend auf den Erfahrungen der Praxis aus dem Einsatz von Basamid® Granulat, der laut Schilderungen der Praktiker zu gleichen Wachstumsergebnissen führte, wie der Wechsel auf jungfräuliches, vorher also noch nicht mit Rosaceaeen bestelltes Land, sind die hier erzielten Ergebnisse nicht zielführend, um Wachstumsverluste und damit verbunden ökonomische Ertragsverluste im ausreichenden Umfang minimieren zu können. Daran konnte auch die angestrebte Optimierung der Vorgehensweise bei der Biofumigation durch das Abdecken mit Folie bzw. die Verwendung der speziellen Sattgutmischung vittera® BIOFUMIGATION oder die Biofumigation mit dem Sareptasenf-Samenmehl nichts ändern.

Die Frage nach der wiederum relativ geringen Wirkung von Basamid® Granulat kann wieder mit der Tatsache beantwortet werden, dass der Boden zum Anwendungstermin zu trocken gewesen ist und nicht, wie von KANESHO SOIL UND (2018) und MAAG (2018) empfohlen, über einen ausreichend langen Zeitraum vor der Anwendung und zum Anwendungstermin selbst den empfohlenen Wassergehalt von 50-60% bzw. 60-70% der nutzbaren Feldkapazität aufgewiesen hat.

Die schlechte Wirkung beim Einsatz des CombiMIXERS ist sicher in großen Teilen auf die defekte Rüttelegge am Gerät zurückzuführen, da man aus der Praxis weiß, dass die gleichmäßige Verteilung des Dampfs in der behandelten Fläche mit der Rüttelegge (= mixen) eine wesentliche Voraussetzung für die Wirksamkeit des Gerätes ist. Die Störanfälligkeit der Rüttelegge ist deswegen auch ein großer und bisher unüberwindbarer Kritikpunkt an dem hier eingesetzten CombiMIXER der Firma mobildampf.de.

Bezüglich der unbefriedigenden Wirkung der Biofumigation mit der Saatgutmischung vittera® BIOFUMIGATION gilt auch wieder die Erklärung, dass es derzeit mit der verfügbaren Technik nicht möglich ist, die Pflanzen noch feiner zu zerteilen. Mangelnde Zerteilung führt aber zwangsläufig dazu, dass auch zu wenig GS zum Biofumigationstermin in den Boden kommen. (Vergleiche auch Abb. 15 und Abb. 23). Angesichts des Mangels an zugeführten GS konnte die Folienabdeckung zwar von dem entstehenden ITCs eventuell mehr im Boden halten, die insgesamt entstandene Menge war jedoch zu gering, um die gewünschte Wirkung im Boden zu zeigen.

Die nicht erwartete geringe Wirkung der Biofumigation von 5 t/ha Sareptasenf Samenmehl ist dagegen schwerer zu erklären, da nach Berechnungen von NEUBAUER und HEITMANN (2013) und NEUBAUER et al. (2014) mit dieser Aufwandmenge an Samenmehl wesentlich höhere ITC-Bildungsraten im Boden zu erwarten waren (Abb. 24). Vor diesem Hintergrund muss, ähnlich wie bereits bezüglich des Basamid® Granulats angesprochen, ein zum Biofumigationstermin eventuell zu niedriger Wassergehalt im Boden vermutet werden, was bei Betrachtung von Abb. 25 auch möglich erscheint.

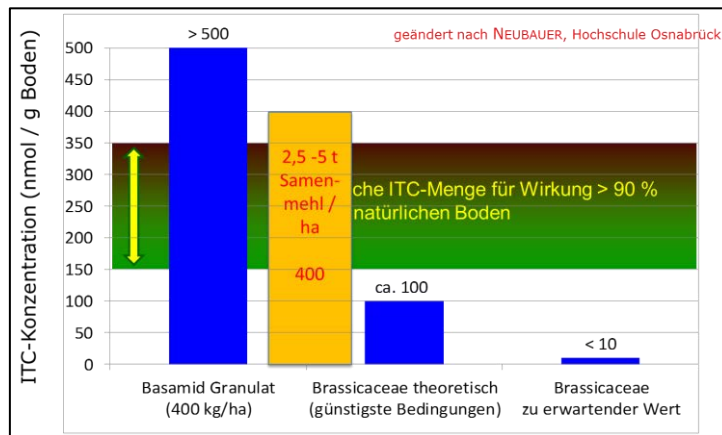


Abb. 24: Zu erwartendes und theoretisch mögliches Biofumigations-Potenzial (= resultierende ITC Konzentration in nmol ITC/g Boden) von Arten der *Brassicaceae* im Vergleich zur Anwendung von Basamid® Granulat (400 kg/ha). Die gelbe Säule zeigt das theoretische Biofumigations-Potenzial einer Biofumigation von Sareptasenf-Samenmehl in der Aufwandmenge 2,5 bis 5 t/ha (verändert nach NEUBAUER et al. 2014)

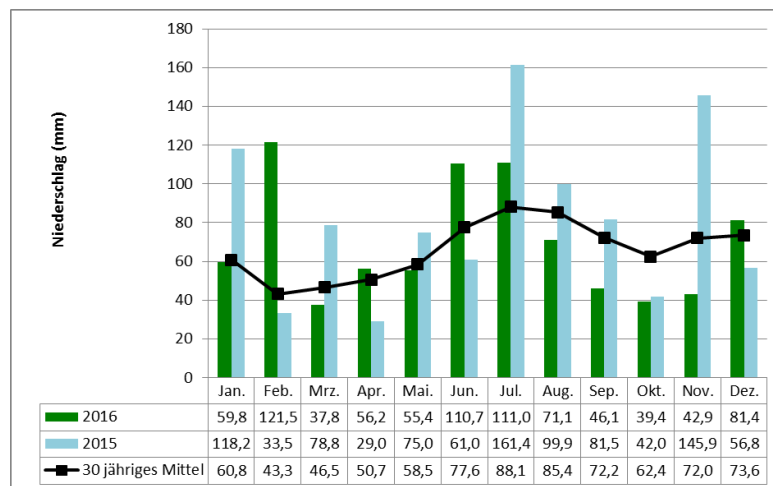


Abb. 25: Monatliche Niederschlagssummen [mm] im Gartenbauzentrum der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein in den Jahren 2015 und 2016 im Vergleich zum 30 jährigen Mittel

Am Standort Ellerhoop lag die monatliche Niederschlagssumme im August und September 2016 unterhalb des langjährigen Mittels, wobei selbst die 111 mm Niederschlag, die im Juli 2016 gefallen sind, bis zum 18. des Monats gefallen sind, und sich daran eine lange Trockenperiode angeschlossen hat. Auf den relativ leichten Böden (humoser Sand am Standort K bzw. lehmiger Sand am Standort C) ist daher davon auszugehen, dass der Wassergehalt im Boden zum Biofumigationstermin des Samenmehls am 23.08.2016 weit unterhalb der für die Anwendung von Basamid® Granulat empfohlenen 50-60 % bzw. 60 – 70 % der nutzbaren Feldkapazität gelegen hat und damit eventuell auch für die hydrolytische Reaktion im Rahmen der Biofumigation zu gering gewesen ist.

Die Ergebnisse zeigen daher, dass bei der Suche nach alternativen Bekämpfungsmethoden der Bodenmüdigkeit der Optimierung der Anwendungsbedingungen eine sehr große Aufmerksamkeit eingeräumt werden muss. Hier gibt es noch erheblichen Forschungsbedarf,

der im Rahmen von Folgeprojekten dringend bearbeitet werden sollte, da in der Biofumigation von Samenmehl ein erhebliches Potenzial liegt, das es im Interesse der Baumschulwirtschaft zu finden und danach zu nutzen gilt, sofern es ökonomisch sinnvoll ist.

4.3. Ergebnisse der Nematoden Untersuchungen

Die Betrachtung des Bekämpfungserfolgs der geprüften Versuchsvarianten hinsichtlich der im Boden auftretenden phytopathogenen Nematoden erbrachten keine neuen Kenntnisse. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Biofumigation von Ölrettich und Sareptasenf nicht einen mit der Kultur von *Tagetes* vergleichbaren Bekämpfungserfolg gebracht hat, was die bei Gehölzen aus der Familie der *Rosaceae* besonders problematischen Gattungen *Meloidogyne* und *Pratylenchus* betrifft, wobei ein eindeutiger Effekt von *Tagetes* lediglich gegenüber den Nematoden der Gattung *Pratylenchus* gezeigt werden konnte. Insofern ist die bereits seit vielen Jahren praktizierte Zwischenkultur von *Tagetes patula* NEMAMIX nach wie vor die beste nachhaltige Methode, um die Nematoden der Gattung *Pratylenchus* zu reduzieren, wenn die Desinfektion des betreffenden Bodens oder die Anwendung eines Nematizids nicht möglich oder gewünscht ist.

5. Voraussichtlicher Nutzen und mögliche Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die in diesem Projekt erzielten Ergebnisse sollten als wichtige Grundlage gesehen werden, an der Optimierung von alternativen Bekämpfungsmethoden der Bodenmüdigkeit mit den Mitteln der Biofumigation weiterzuarbeiten. Insbesondere der Optimierung des Wassergehalts kurze Zeit vor und direkt zum Zeitpunkt der Biofumigation muss eine große Aufmerksamkeit entgegengebracht werden, um der baumschulischen Praxis ein nachhaltiges aber gleichzeitig auch ökonomisch vernünftiges Instrument zum Umgang mit den Nachbauproblemen bei der Kultur von Gehölzen aus der Familie der *Rosaceae* an die Hand geben zu können. Außerdem muss an den Kosten der Biofumigation gearbeitet werden, wobei es bereits im Jahr 2018 gelungen ist, die Kosten für den Bezug des Samenmehls um 60% zu reduzieren. Sie nähern sich damit langsam den Bezugskosten für die Anwendung von Basamid® Granulat an, die zuletzt bei ca. 3500 € je ha lagen. Daneben muss an der Identifikation von besonders effizienten Sorten bzw. Herkunftsn von *Brassica juncea* und damit des Samenmehls intensiv gearbeitet werden. Eine weitere wichtige Frage betrifft die Lagerung von Sareptasenf-Samenmehl, genauer unter welchen Lagerungsbedingungen das Biofumigations-Potenzial von Sareptasenf-Samenmehl konstant bleibt.

Daneben sollte die Kultur von *Tagetes patula* NEMAMIX gründlicher untersucht werden, da die Ergebnisse vermuten lassen, dass damit nicht allein nur die im Boden befindlichen phytopathogenen wandernden Nematoden erfolgreich reduziert werden können, sondern

dass eventuell auch andere Parameter im Boden (biologische, chemische und/oder physikalische) erfasst werden, die das Wachstum von Gehölzen der *Rosaceae* im Nachbau positiv beeinflussen.

6. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Dank der hervorragenden Zusammenarbeit aller Partner und des konsequenten intensiven Austauschs auf den regelmäßigen Projekttreffen wie auch der sehr guten Begleitung durch die BLE konnten die Ziele dieses Projekts vollständig erreicht werden: Die geprüften Bekämpfungsmethoden konnten unter den gegebenen Umständen hinsichtlich ihrer Effekte charakterisiert werden und es haben sich wichtige Anhaltspunkte zur Optimierung der Biofumigation ergeben, an denen konsequent weitergearbeitet werden muss.

Zukünftige Untersuchungen sollten sich daher einer detaillierten Optimierung der als geeignet identifizierten Maßnahmen widmen, also beispielsweise Art, Menge, Zeitpunkt und optimale Bedingungen der Samenmehleinarbeitung und der Identifikation von *Tagetes* Arten und Sorten mit hohem Wirkungspotential gegenüber Schadorganismen und deren optimalen Kulturführung und Einarbeitung in Baumschulen.

7. Literaturverzeichnis:

AVERDIECK, H. (2006): Düngung von Baumschulkulturen im Freiland. Meyer-Taschenbuch 2007 – Aktuelles Baumschulwissen, 161-175

DALLMANN, M. (2009): Düngungsschnelltests Zierpflanzenbau. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen. Heft 10/2009, 8-9

HÖHNE und HAAS (2008): Wachstum von Rosen auf Substraten nach Langzeitinduktion von Nachbauproblemen. Masterarbeit an der Abteilung Baumschule, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

KANESHO SOIL (2018): Basamid®. Homepage der Kanesho Soil Treatment.
<http://www.kaneshost.com/products/Basamid®/> (date: 2018-08-06)

LWK NRW (2018): Wichtiges zum Verschicken von Pflanzenproben mit Nematoden.
<https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/pflanzenschutz/schaedlinge/einschicke-n-nematoden.pdf> (date: 2018-08-03)

MAAG (2018): Basamid® Granulat – Bodendesinfektionsmittel gegen Nematoden, Bodenpilze und keimendes Unkraut. Produktinformation der Syngenta Agro AG, Dielsdorf, Schweiz. https://www.maag-profi.ch/fileadmin/maagprofi.ch/Products/Technics/Basamid®_Granulat_dt_0217.pdf (date: 2018-08-06)

NEUBAUER, C. und B. HEITMANN (2013): Entwicklung und Optimierung der Biofumigation zur nichtchemischen Bekämpfung von *Verticillium dahliae*. Forschungsvorhaben gefördert durch

das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Abschlussbericht. Hochschule Osnabrück

NEUBAUER, C., HEITMANN B. and MÜLLER C. (2014): Biofumigation potential of *Brassicaceae* cultivars to *Verticillium dahliae*. Eur. J. Plant Pathol. 140: 341-352.

STRAßBURGER, T. (1992): Alternative Verfahren zur Beseitigung von Nachbauproblemen in Baumschulen. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

SPETHMANN, W. und M. WILSTERMANN (ohne Jahr): Wuchsdepressionen von Gehölzarten im Baumschulbereich. Abschlussbericht des Projektes FKZ: 02OE570, Bundesprogramm Ökologischer Landbau BÖL

WUNDERLICH, B. (1993): Untersuchungen zur spezifischen Bodenmüdigkeit an Rosen auf Baumschulflächen. Diplomarbeit im Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Georg-August-Universität, Göttingen

8. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

8. 1. Publikationen mit Peer-review-Verfahren

YIM B., F.S. HANSCHEN, A. WREDE, H. NITT, M. SCHREINER, K. SMALLA and T. Winkelmann (2016). Effects of biofumigation using *Brassica juncea* and *Raphanus sativus* in comparison to disinfection using Basamid on apple plant growth and soil microbial communities at three field sites with replant disease. Plant Soil 406: 389-408

YIM, B., H. NITT, A. WREDE, S. JACQUIOD, S.J. SØRENSEN, T. WINKELMANN and K. SMALLA (2017). Effects of soil pre-treatment with Basamid granules, *Brassica juncea*, *Raphanus sativus*, and *Tagetes patula* on bacterial and fungal communities at two apple replant disease sites. Front. Microbiol. 8:1604. doi: 10.3389/fmicb.2017.01604

8. 2. Publikationen ohne Peer-review-Verfahren

NITT, H., B. YIM, A. WREDE, F.S. HANSCHEN, H. LÖSING, M. SCHREINER, K. SMALLA, J. GRUNEWALDT und T. WINKELMANN (2015): Bodenmüdigkeit und Lösungen (Baumschulen). S. 18-26 in: Gesunder Boden – Gesunder Gartenbau, Kongress zum Jahr des Bodens Tagungsband, 16. November 2015, Berlin
http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/JahrdesBodens/TagungsbandKongressJahrdesBodens.pdf?__blob=publicationFile

YIM, B., F.S. HANSCHEN, M. SCHREINER, K. SMALLA, H. NITT, A. WREDE and T. WINKELMANN (2014): Effect of biofumigation on soils with apple and rose replant problems. Aspects of Applied Biology 126, 153-154

NITT H. (2013): Biofumigation in der Baumschulproduktion, Versuche zur Bekämpfung in Schleswig-Holstein, Deutsche Baumschule 5, 35-37

NITT, H. und A. WREDE (2013): In puncto Bodenmüdigkeit gibt es noch viel zu tun. Bauernblatt 17, 11

NITT, H. und A. WREDE (2013): Zweites Fachgespräch Bodenmüdigkeit im Gartenbauzentrum Ellerhoop. Wissenschaft und Versuchswesen sind engagiert und zielgerichtet am Thema, Grün ist Leben, Verbandszeitschrift des BdB 3, 18-20

NITT, H. und A. WREDE (2013): Biofumigation auf Baumschulflächen - auf dem Weg zur Bekämpfung von Bodenmüdigkeit, Bauernblatt 31, 22

NITT, H., A. WREDE, B. YIM und T. WINKELMANN (2013): Vorstellung eines Verbundprojekts: Biologische Bodenentseuchung für eine umweltgerechte und intensive Gehölzproduktion – Auswirkungen der Biofumigation auf mikrobielle Gemeinschaften im Boden, Journal für Kulturpflanzen, Band 65, 12, 492-493

8.3. Vorträge

NITT, H. (2017): Bodenbehandlung mit biologischen und thermischen Verfahren, Mitgliederversammlung Deutscher Rollrasen Verband, Fulda, 23.01.2017

NITT, H. (2013): Biofumigation, BiBo – Projekt, Bodenentseuchung, Informationsbesuch BiBo Projekt- Besuch des St. Dr. Ulf Kämpfer, MELUR-SH, LWK- Ellerhoop, 01.11.2013

NITT, H. (2013): Strategische Bodenpflege, Gründüngung, Fruchtwechsel, Biofumigation, Krankheiten und parasitäre Nematoden unterdrücken bzw. bekämpfen, Jahrestagung des Verbandes der Schnittblumenproduzenten, Landwirtschaftskammer Hamburg, 27.09.2013

NITT, H. (2012): Projekt zur Biofumigation im Gartenbauzentrum, Vorstellung des Projektes, Versuchsnachmittag für Baumschuler, LWK-Ellerhoop, 02.08.2012

NITT, H. und A. WREDE (2015): Ergebnisse eines mehrjährigen Biofumigationsversuchs und dessen Fortsetzung, Fachgespräch Bodenmüdigkeit, Ellerhoop, 14.07.2015

NITT, H. und WREDE, A (2013): Versuchsvorhaben zur Bekämpfung der Bodenmüdigkeit in der Baumschulproduktion durch Biofumigation, Fachgespräch Bodenmüdigkeit am 19.02.2013 im GBZ Ellerhoop

NITT, H., B. YIM, A. WREDE, F. S. HANSCHEN, H. LÖSING, M. SCHREINER, K. SMALLA, J. GRUNDEWALDT und T. WINKELMANN (2015): Bodenmüdigkeit und Lösungen (Baumschulen). Gesunder Boden - Gesunder Gartenbau, Kongress zum Jahr des Bodens, Zentraler Gartenbauverband und Bundesministerium für Landwirtschaft, Haus der Land- und Ernährungswirtschaft Berlin, 16.11.2015

NITT, H., T. WINKELMANN, A. WREDE, B. YIM, F. S. HANSCHEN, M. SCHREINER, K. SMALLA, U. HAKL, B. GOLECKI B. (2013) : Vorstellung eines Verbundprojekts: Biologische Bodenentseuchung für eine umweltgerechte und intensive Gehölzproduktion – Auswirkungen der Biofumigation auf mikrobielle Gemeinschaften, DPG Arbeitskreis Nematologie Bad Salzuflen 12./13.03.2013

WREDE, A. (2017): Aktueller Stand im Bereich der Forschung zum Thema Bodenmüdigkeit. Wintertagung Bund deutscher Baumschulen (BdB), Fachausschuss Obstgehölze, Goslar, 11.01.2017

WREDE, A. (2016): Versuche zur Prüfung von Alternativen zu Basamid Granulat auf Saatbeeten. 7. Holsteiner Versuchsnachmittag, 01.09.2016, Ellerhoop

WREDE, A. (2016): Neues zum Thema Bodenmüdigkeit. Wintertagung Bund deutscher Baumschulen (BdB), Fachausschuss Obstgehölze, Goslar, 13.01.2016

WREDE, A. (2015): Aktuelles und Trends zum Terraseed System und zur Biofumigation. Juniorenbörse der Baumschuler, Schenefeld, 04.11.2015

WREDE, A. (2015): Biofumigation - Ersatz für Basamid Granulat? Seminar zum Sachkundenachweis für Schnittblumenproduzenten, Hamburg, 03.03.2015

WREDE, A. (2015): Aktuelles zum Thema Bodenmüdigkeit. Wintertagung Bund deutscher Baumschulen (BdB), Fachausschuss Obstgehölze, Goslar 14.01.2015

YIM B., F.S. HANSCHEN, M. SCHREINER, K. SMALLA, H. NITT, A. WREDE and T. WINKELMANN (2014): Effect of biofumigation on soils with apple and rose replant problems. 5th International Symposium on Biofumigation, Newport, England, United Kingdom

WREDE, A. (2014): Aktueller Stand in Sachen Bodenmüdigkeit. Wintertagung Bund deutscher Baumschulen (BdB), Fachausschuss Obstgehölze, Goslar, 08.01.2013

WREDE, A. (2013): Bodenmüdigkeit, Fachlicher Hintergrund, Forschungsstand, Forschungsvorhaben. Vortrag auf dem Profi- Beerenforum am 06.11.2013, Gartenbauzentrum, Ellerhoop

8.4. Poster

NITT, H., A. WREDE, T. WINKELMANN, B. YIM, M. SCHREINER, F.S. HANSCHEN and K. SMALLA (2014): Biologische Bodenentseuchung für eine umweltgerechte und intensive Gehölzproduktion – Auswirkungen der Biofumigation auf mikrobielle Gemeinschaften im Boden, 59. Deutschen Pflanzenschutztagung, Freiburg, 13.-26. September 2014

YIM B., F. S. HANSCHEN, M. SCHREINER, K. SMALLA, H. NITT, A. WREDE and T. WINKELMANN (2014): Effect of biofumigation on soils with apple and rose replant problems. 5th International Symposium on Biofumigation, Newport, England, United Kingdom

8.5. Feldführungen mit Praktikern

- 25.06.2013: ca. 40 Teilnehmer
- 27.08.2014: ca. 60 Teilnehmer
- 28.06.2016: ca. 20 Teilnehmer
- 09.10.2017: ca. 20 Teilnehmer

8.6. Ellerhoop Fachgespräche Bodenmüdigkeit

- 19.02.2013: 2. Ellerhooper Fachgespräch Bodenmüdigkeit, 45 Teilnehmern
- 14.07.2015: 3. Ellerhooper Fachgespräch Bodenmüdigkeit, ca. 70 Teilnehmer